

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

FAKULTA STROJNÍ

KATEDRA ROBOTIKY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robotiky

Využití virtuální reality při provozu a návrhu a provozu robotizovaných pracovišť

Virtual Reality as the Supporting Tool for Designing and Operating of Robotic
Workstations

Student:

Bc. Václav Sýkora

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Václav Krys, Ph.D.

Ostrava 2020

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra robotiky

Zadání diplomové práce

Student:

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2301T013 Robotika

Téma: Využití virtuální reality při návrhu a provozu robotizovaných pracovišť
Virtual Reality as the Supporting Tool for Designing and Operating of
Robotic Workstations

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte možnosti použití virtuální reality v SW nástrojích pro podporu návrhu robotizovaných pracovišť. Primárně se zaměřte na SW nástroje dostupné na katedře. Dohledejte příklady nasazení VR v oblasti průmyslové robotiky.
2. Na základě provedené analýzy navrhnete a popíšete možné oblasti použití VR v SW dostupných na katedře
3. Na příkladu výukového robotizovaného pracoviště s IRB140 předvedte vybrané navržené oblasti použití VR.
4. Sestavte postup práce pro přípravu podkladů pro přípravu simulace robotizovaného pracoviště ve VR.
5. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu MS WORD a vytvořené simulační modely dle pokynů vedoucího.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 2007. 48 s.

ČSN ISO 690 *Informace a dokumentace - Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: Český normalizační institut, 2010.

VOCETKA, M. *Výukové pracoviště s průmyslovým robotem ABB IRB140*. Diplomová práce (Ing.). VŠB - TU Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotiky. 2018, 94 s.

VOCETKA, M. *Vytvoření robotizovaného pracoviště v simulačním prostředí RobotExpert*. Diplomová práce (Ing.). VŠB - TU Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotiky. 2019, 122 s.

Tecnomatix Knowledge Base - Siemens PLM Community. Dostupné z: <https://community.plm.automation.siemens.com/t5/Tecnomatix-Knowledge-Base/tkb-p/tecnomatix-forum@tkb>

Operating manual RobotStudio 2019.3. Document ID: 3HAC032104-001. Dostupné z: <https://library.e.abb.com/public/a66f3fdc0823429e9ab78ae888bbb90e/3HAC032104%20OM%20RobotStudio-en.pdf>

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Václav Krys, Ph.D.**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020

prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí katedry




prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci, včetně příloh, vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce, a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 18.5.2020




.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo (diplomovou práci), nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 18.5.2020



podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Václav Sýkora

Adresa trvalého pobytu autora práce: Soběšovice 205, 739 22, Soběšovice

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

SÝKORA, V. Využití virtuální reality při návrhu a provozu robotizovaných pracovišť: Diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotiky, 2020, 86 s. Vedoucí práce: Ing. Václav Krys, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá možnostmi využití virtuální reality v oblasti robotiky a automatizace. V úvodní části práce jsou analyzovány možné způsoby vytváření virtuální reality. Zároveň je identifikován nejvěrohodnější způsob jejího vytváření. Následně jsou dohledána zařízení pro tento způsob vytváření VR, a vybráno vhodné zařízení pro realizaci prezentace možných aplikací prostřednictvím VR. Dále jsou dohledány již realizované aplikace, a vybrán vhodný softwarový nástroj pro prezentace vybraných možností. V tomto nástroji je pak vytvořena simulace převedená do skutečné aplikace. Další vytvořená simulace, která je modifikací původní, je převedena do VR, a jejím prostřednictvím prezentována. Je zde také popsána možnost vytváření trajektorie (programování robotu) pomocí virtuální reality.

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

SÝKORA, V. Virtual Reality as the Supporting Tool for Designing and Operating of Robotic Workstations. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2020, 86 p. Thesis head: Ing. Václav Krys, Ph.D.

The diploma thesis deals with the possibilities of using virtual reality in the field of robotics and automation. The introductory part of the thesis analyses the possible ways of creating virtual reality. Also, the most credible way to create it is identified. Subsequently, devices for this method of creating VR are searched for, and a suitable software is selected for the VR presentation of selected possibilities. Furthermore, already implemented applications are searched for, and a suitable software tool for the presentation of these possibilities is selected. Another created simulation, which is a modification of the original, is transferred to the VR, and presented through it. Also, it is described the possibility of creating a trajectory (robot programming) using virtual reality.

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Václavu Krysovi, Ph.D. za ochotu, věcné připomínky, rady a v neposlední řadě i čas, který mi věnoval při řešení dané problematiky a vypracování diplomové práce. Zároveň chci poděkovat Ing. Michalu Vocetkovi za velmi přínosné konzultace a rady, především v problematice simulací a softwarového nástroje Robotstudio.

Velké poděkování patří mým rodičům, a všem blízkým, kteří mi byli během studia a činnosti na diplomové práci velkou oporou, a vytvořili mi skvělé podmínky pro jejich zdárné dokončení.

Obsah

Obsah	9
Seznam obrázků	11
Seznam tabulek	15
Seznam zkratk a hesel.....	16
Úvod	18
1 Analýza problematiky.....	20
1.1 Rozšířená realita	20
1.2 Virtuální realita.....	21
1.2.1 Shutter glass	22
1.2.2 Anaglyph 3D.....	22
1.2.3 Metoda dvou displejů.....	23
1.3 Zařízení pro vytváření VR.....	24
1.3.1 Oculus GO	24
1.3.2 Oculus Quest.....	25
1.3.3 Oculus Rift.....	25
1.3.4 DJI Goggles Racing edition	25
1.3.5 Playstation Virtual reality	26
1.3.6 Acer Windows OJO 500	26
1.3.7 Pimax 4K	26
1.3.8 HTC Vive.....	27
1.3.9 HTC Vive PRO	27
1.3.10 Google Cardboard.....	27
1.3.11 Systém Cave (jeskyně).....	29
1.4 Vytváření virtuální reality	29
1.4.1 Virtuální realita v software od ABB	29
1.4.2 Virtuální realita v software od Siemens.....	31
1.4.3 Virtuální realita v software herních engineů	34
1.5 Využití VR v robotických aplikacích	36
1.6 Shrnutí poznatků.....	38
2 Tvorba simulace pro VR	40
2.1 Stanovení cíle	40
2.1.1 Výchozí stav.....	40

2.1.2	Výchozí úloha	41
2.1.3	Zamýšlený stav	42
2.1.4	Virtuální úloha	43
2.2	Simulace výchozí úlohy	43
2.2.1	Příprava 3D dat z prostředí CREO.....	45
2.2.2	Prostředí Robotstudio.....	47
2.2.3	Import modelů.....	49
2.2.4	Tvorba nástroje	51
2.2.5	Vytváření trajektorie	53
2.2.6	RAPID program	57
2.2.7	Vytváření stopy popisovače	59
2.2.8	Ladění programu.....	60
2.3	Simulace virtuální úlohy.....	60
2.3.1	Příprava 3D dat z prostředí CREO.....	60
2.3.2	Import modelů a tvorba nástroje	61
2.3.3	Vytváření trajektorie a stopy popisovače.....	62
2.3.4	Výměna efektoru a ladění programu.....	63
3	Převod do virtuální reality	67
3.1	Představení soupravy VR	67
3.2	Zprovoznění VR	71
3.2.1	PC stanice.....	71
3.2.2	Příprava prostoru.....	72
3.2.3	Instalace Software a zařízení	73
3.2.4	Příprava Hardware a prostoru	74
3.3	VR ve Stationviewer.....	76
3.4	VR v prostředí Robotstudio.....	77
3.4.1	Úloha pro virtuální uvedení do provozu	78
3.4.2	Úloha s využitím programování ve VR	79
3.5	Shrnutí přínosů a poznatků z VR.....	81
4	Závěr.....	82
	Seznam zdrojů.....	84

Seznam obrázků

Obr. 1: AR, navigace ve skladu[5]	21
Obr. 2: AR, Pokémon GO[5]	21
Obr. 3: (vojenský simulátor)[5]	21
Obr. 4: (VR v zábavním průmyslu)[5].....	21
Obr. 5: (zatměné levé oko)[21]	22
Obr. 6: (zatměné levé oko)[21]	22
Obr. 7: (anaglyfický obraz)[17]	23
Obr. 8: (3D brýle)[17].....	23
Obr. 9: (náhlavní souprava VR s ovladačem)[15]	24
Obr. 10: (brýle pro externí zobr. zařízení)[15]	24
Obr. 11: Oculus GO[15]	24
Obr. 12: Oculus Quest[15].....	25
Obr. 13: Oculus Rift[15]	25
Obr. 14: DJI Goggles RE[15]	25
Obr. 15: Playstation VR[15]	26
Obr. 16: Acer Windows OJO 500[15]	26
Obr. 17: Pimax 4K[15]	26
Obr. 18: Playstation VR[15]	27
Obr. 19: HTC Vive PRO[15].....	27
Obr. 20: Google cardboard – rozložený stav[15]	28
Obr. 21: Google cardboard – složený stav[15]	28
Obr. 22: Virtuální realita pomocí systému Cave – ČVUT[13].....	29
Obr. 23: Virtuální realita pomocí systému Cave – ČVUT[13].....	29
Obr. 24: simulační prostředí [8].....	30
Obr. 25: pohled operátora VR [8].....	30
Obr. 26: funkce „Jog“ [8]	30
Obr. 27: modul „Programming“ [8].....	30
Obr. 28: prostředí Robotstudio[20].....	31
Obr. 29: simulace v Process simulate[9]	32

Obr. 30: využití VR v Process simulate“[9]	32
Obr. 31: reálný dopravník[9]	33
Obr. 32: simulace v Process simulate[9]	33
Obr. 33: náhled VR pomocí Process simulate[9]	33
Obr. 34: ukázka tvorby trajektorie z DP Tomáše Krejčího[4].....	34
Obr. 35: prostředí Unreal Engine[14]	35
Obr. 36: prostředí Unity[14]	36
Obr. 37: VR pro řešení layout[18]	36
Obr. 38: VR pro řešení layout[18]	36
Obr. 39: MIT ovládání robotu pomocí VR[16]	37
Obr. 40: MIT ovládání robotu pomocí VR[16]	37
Obr. 41: KUKA Coaster[19].....	38
Obr. 42: KUKA Coaster,VR[19]	38
Obr. 43: Výuková buňka – výchozí stav.....	41
Obr. 44: Výuková úloha – obrazec	42
Obr. 45: Výuková buňka – zamýšlený stav	42
Obr. 46: Virtuální úloha – obrazec	43
Obr. 47: Výuková buňka – aktuální stav	44
Obr. 48: papír pro tvorbu cesty robotu	45
Obr. 49: efektor pro výchozí úlohu.....	46
Obr. 50: export z CREO – „uložit jako“	46
Obr. 51: Export z CREO – formát „sat“	47
Obr. 52: Výběr řešení při spuštění RS	47
Obr. 53: Stanice s robotem IRB 140.....	48
Obr. 54: Pás karet v RS.....	49
Obr. 55: zobrazení „windows“ (oken)	49
Obr. 56: Improtování geometrie	50
Obr. 57: Nastavení závislosti souřadných systémů	50
Obr. 58: uložení knihovny a její odpojení	51
Obr. 59: uložení knihovny a její ní	52
Obr. 60: umístění souřadného systému v nástroji.....	52

Obr. 61: tvorba nástroje – první krok	52
Obr. 62: tvorba nástroje – druhý krok.....	53
Obr. 63: tvorba workobject.....	53
Obr. 64: tvorba trajektorie	54
Obr. 65: orientace nástroje.....	55
Obr. 66: kopírování orientace	55
Obr. 67: konfigurace os	56
Obr. 68: Synchronizace do RAPID.....	57
Obr. 69: cesta k textovému editoru kódu	57
Obr. 70: procedura „main“	58
Obr. 71: procedura „Path_10“	58
Obr. 72: správa signálů	59
Obr. 73: správa signálů	59
Obr. 74: Výsledek simulace výchozí úlohy	60
Obr. 75: sestava popisovače.....	61
Obr. 76: příruba pro výměnu efektoru	61
Obr. 77: posunutý lokální systém popisovače	61
Obr. 78: barevná škála „TCP Trace“	62
Obr. 79: výměna efektorů-signály	63
Obr. 80: „events“ pro jednotlivé signály	64
Obr. 81: procedura připojení efektoru	64
Obr. 82: procedura odpojení efektoru.....	65
Obr. 83: procedura připojení efektoru	65
Obr. 84: procedura „main“.....	66
Obr. 85: kompletní obsah balení[10]	67
Obr. 86: Položky balení VR HTC VIVE[10]	68
Obr. 87: headset[10]	69
Obr. 88: snímací senzory[10].....	69
Obr. 89: ovladač[10]	70
Obr. 90: propojovací box[10]	70
Obr. 91: prostor pro VR („herní prostor“)	72

Obr. 92: VIVEPORT instalace, přihlášení.....	73
Obr. 93: VIVEPORT instalace, výběr zařízení.....	73
Obr. 94: aplikace Steam, výchozí prostředí.....	74
Obr. 95: aplikace SteamVR	74
Obr. 96: aplikace SteamVR, status zařízení	75
Obr. 97: export do StationViewer.....	76
Obr. 98: export do StationViewer.....	77
Obr. 99: spouštění VR v RS.....	78
Obr. 100: ovládací panel, simulace.....	79
Obr. 101: ovládací panel, poznámky	79
Obr. 102: ovládací panel, tvorba cesty	80
Obr. 103: ovládací panel, tvorba cesty	80
Obr. 104: ukázka, tvorba cesty	80

Seznam tabulek

Tabulka 1: oculus GO-parametry[15].....	24
Tabulka 2: oculus Quest-parametry[15]	25
Tabulka 3: Oculus Rift-parametry[15]	25
Tabulka 4: Oculus Rift-parametry[15]	25
Tabulka 5:Playstation VR - parametry[15].....	26
Tabulka 6: Acer Windows OJO 500 - parametry[15].....	26
Tabulka 7: Pimax 4K-parametry[15].....	26
Tabulka 8: HTC Vive-parametry[15]	27
Tabulka 9: HTC Vive PRO-parametry[15]	27
Tabulka 10: souhrn parametrů brýli pro VR[15]	28
Tabulka 11: systémové požadavky HTC Vive[11].....	71

Seznam zkratek a hesel

CAM	standardní označení koncovky napájecího kabelu
CAD	počítačem podporované projektování
CREO	software pro konstruktéry
PLM	řízení životního cyklu výrobku
I/O	označení pro vstup/výstup
VR	virtuální realita
AR	rozšířená realita
IRB 140	průmyslový robot společnosti ABB
CRT	typ zobrazovacího panelu s katodovými trubicemi
LCD	typ zobrazovacího panelu s tekutými krystaly
LED	typ zobrazovacího panelu s elektroluminiscenčními diodami
ČVUT	České vysoké učení technické
ABB	mezinárodní společnost vyrábějící také průmyslové roboty
iCIM 3000	komplexní tréninkový systém od společnosti FESTO
iOS	operační systém společnosti Apple
PC	osobní počítač
MIT	univerzitní firma na výrobu výukových zařízení
KUKA	mezinárodní společnost vyrábějící také průmyslové roboty
SCHUNK	mezinárodní společnost vyrábějící zařízení průmyslové automatizace
RAPID	programovací jazyk průmyslových robotů ABB
TCP	nástroj pro sledování trajektorie v softwaru Robotsudio
DO	digitální výstup
AO	analogový výstup
USB	univerzální sériová sběrnice, typ portu pro připojení k počítači
HDMI	typ video-datového rozhraní, pro připojení zobrazovacích zařízení

IR	infračervený, typ bezdrátového přenosu
DP	typ video-datového rozhraní, pro připojení zobrazovacích zařízení
NVIDIA	společnost vyrábějící grafické akcelerátory
GTX	obchodní označení grafických karet společnosti NVIDIA
DDR4	typ paměti RAM
AMD	společnost vyrábějící také počítačové procesory
SP1	balíček aktualizací pro operační systém

Úvod

Strojírenská výroba je jedním z hlavních ekonomických přispěvatelů hospodářství v průmyslových zemích. V souvislosti se stále se zkracujícími se dopravními vzdálenostmi, snižujícími se náklady na dopravu a rostoucí konkurencí, je stále těžší se prosadit či najít průsečíky s požadavky a představami zákazníka. Nejdůležitějšími faktory v průmyslové výrobě jsou, tak jako u jiných druhů obchodu, cena, rychlost a kvalita. Do všech těchto tří faktorů mohou výrazně zasahovat různé inovace, které se objevují s postupujícím rozvojem technických možností.

Prvním z velkých milníků bylo zavedení CAD nástrojů do přípravy výroby a do výroby samotné. Možnost vizualizace navrhovaných výrobků výrazně zkracuje a ulehčuje práci konstruktéra, jelikož usnadňuje jeho představu o návrhu. Dále umožňuje přímo přenášet informace z prostorového modelu do výrobních zařízení (CAM). Tím odpadá nutnost některých fází jako např. tvorba výkresové dokumentace. Je tak příznivě ovlivněna rychlost, a tedy i cena výroby.

Dalším důležitým momentem bylo zavedení nástrojů pro sledování řízení životního cyklu výrobku (PLM). Jedná se o komplexní proces řízení životního cyklu produktu zahrnující prvotní myšlenky, návrh a konstrukci, výrobu a servis, a v neposlední řadě likvidaci výrobku. V podstatě lze PLM identifikovat jako nástroj pro distribuci a zpětný sběr dat o veškerých procesech výrobního cyklu konkrétního produktu. Analýza těchto dat je poté využívána při optimalizaci těchto dílčích procesů, což vede ke zlepšování kvality a ceny výrobku při dosahování kratších časů potřebných pro jeho vývoj a výrobu.

Jelikož se možnosti zlepšování tří základních faktorů (rychlost, cena, kvalita), v souvislosti s využitím současných hardwarových prostředků, rychle vyčerpávají, je potřeba hledat nové možnosti využívající zařízení buďto dnes již běžná (např. chytrý telefon, tablet, hodinky), nebo speciální zařízení vyráběná právě k tomuto účelu (speciální brýle, čidla, ovladače atd.). Na jedné straně mohou stejně jako předchozí inovativní nástroje zlepšit všechny výše jmenované faktory životního cyklu výrobku, na straně druhé zde vzniká zcela nová možnost pro obchod velmi často rozhodující. Takovou možností se zde rozumí tvorba prezentačních materiálů, které jsou mnohdy velmi účinným marketingovým nástrojem. Zřejmě nejznámějšími trendy v současném strojírenství, z pohledu kombinujícího marketing a možnosti ovlivňování životního cyklu výrobku, je

využití rozšířené a virtuální reality (angl. Virtual reality –VR a Augmented reality – AR).[6]

Jelikož je v současné době výpočetní technika stále cenově dostupnější, stejně jako různá zařízení pro tvorbu virtuální reality, může být virtuální realita o to více využívána také v různých oborech technického světa. Diplomová práce se zabývá využitím právě virtuální reality v užším oboru strojírenství, konkrétně automatizaci nebo robotice.

Práce se zpočátku pokusí shrnout všechny možné způsoby a možnosti vytváření virtuální reality. Na základě identifikace nejvhodnějšího způsobu vytváření virtuální reality a dohledaných příkladů využití VR, především v oblasti automatizace a robotiky, budou zjištěny způsoby jejího vytvoření. To bude realizováno popsáním detailního postupu při tvorbě VR na základě dohledaných oblastí využití VR v robotice. Pozornost bude soustředěna především na software dostupný na katedře robotiky.

Z těchto nástrojů bude, na základě získaných informací, vybrán jeden softwarový, pomocí kterého bude vytvořena praktická realizace VR ve vybraných oblastech využití, prostřednictvím výukového robotizovaného pracoviště s robotem IRB 140 od společnosti ABB.

1 Analýza problematiky

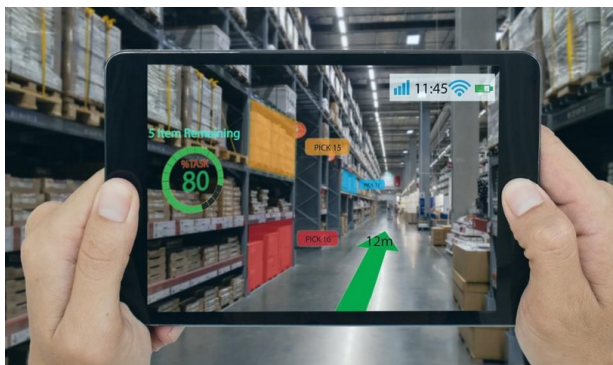
Jak rozšířená, tak i virtuální realita mají své nezpochybnitelné nevýhody i výhody. Pro jejich pochopení je v následujících kapitolách popsán princip jejich funkce a uvedeny vybrané technické prostředky, jejichž pomocí jsou vytvářeny.

1.1 Rozšířená realita

Rozšířená realita, jak už vyplývá z jejího názvu, je virtuálním rozšířením reálného prostředí o digitální informace. Jako příklad zde může posloužit snímání veřejného prostoru (např. sochy) prostřednictvím kamery mobilního telefonu nebo tabletu (vstupní zařízení) v prostředí speciální aplikace. Aplikace je propojena s vytvořenou databází a na základě rozpoznávaných objektů se na displeji (výstupní zařízení) zobrazují informace např. o názvu sochy, autorovi, hmotnosti, výšce a podobně. [5]

Vstupním zařízením nemusí být jen kamera chytrého telefonu, ale také například speciální transparentní brýle. Takové brýle může například nosit technik, který sestavuje určité zařízení. Na základě rozpoznávání již sestavených částí se do brýlí promítají pracovní pokyny s pracovním postupem. Tato technologie zároveň slouží i jako jakýsi kontrolní nástroj správnosti postupu. Velkou výhodou je v tomto případě, že technik zároveň vidí skutečnou realitu.[5]

V praxi lze rozšířené reality využít v mnoha odvětvích. Například ve zdravotnictví to může být aplikace, která pomáhá rozpoznat zdravotním sestrám vhodné žíly pro odběr krve. Ve vojenství lze takto AR využívat pro zobrazování podkladů k identifikaci a zasahování cíle. Ve strojírenství, dle již výše zmíněného, např. při servisu či montáži. Pomocí AR lze také vytvářet interaktivní průvodce v muzeích a galeriích. V neposlední řadě je AR využívána v zábavním průmyslu. Zde je zřejmě nejznámějším příkladem celosvětově populární hra pro mobilní rozhraní Pokémon GO.[5]



Obr. 1: AR, navigace ve skladu[5]



Obr. 2: AR, Pokémon GO[5]

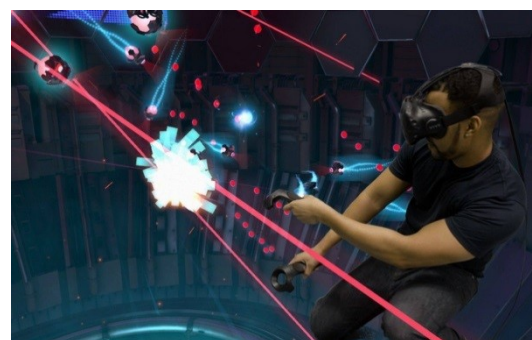
1.2 Virtuální realita

Na rozdíl od rozšířené reality je virtuální realita založená na zcela umělém prostředí. V podstatě vytváří iluzi skutečného světa. Je ovšem vždy tak dobrá, jako je dobré zařízení vytvářející virtuální realitu. Prakticky se jedná o systém, který vytvoří virtuální prostředí všude kolem vás a vy jej pozorujete přes zobrazovací zařízení (nejčastěji brýle). V tomto prostředí se dá pohybovat buďto pomocí ovladačů, anebo snímačů reálného pohybu.

Možností využití virtuální reality je nespočet, a ještě více jich do budoucna přibude. V současnosti se používá běžně například při nácvicích ovládání různých dopravních prostředků – letadel, vrtulníků, vlaků, tramvají nebo silničních vozidel. VR může sloužit také sportovcům při nácviku správné techniky provádění pohybu. V technických oborech přidává VR nad rámec standardního CAD systému možnost interaktivního prohlížení interiérů staveb, automobilů, prohlížení výrobních zařízení, hal a podobně.



Obr. 3: (vojenský simulátor)[5]

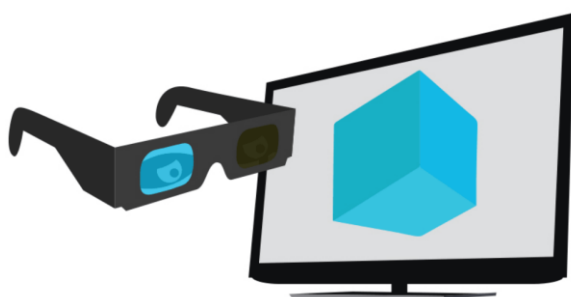


Obr. 4: (VR v zábavním průmyslu)[5]

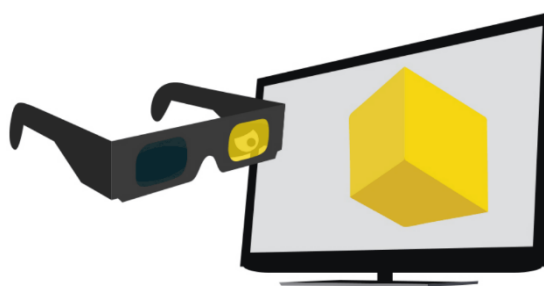
Nejpoužívanějším principem pro vytváření virtuální reality je takzvané stereoskopické zobrazování. V praxi to znamená vytváření různých vjemů pro každé oko zvlášť, které mozek vyhodnocuje jako iluzi trojrozměrného prostředí. Praktického využití se dostalo třem stereoskopickým principům.

1.2.1 Shutter glass

Tato technologie stereoskopického vnímání je založena na synchronizaci speciálních brýlí a obrazovky pro zobrazování prostorového obrazu. V závislosti na zobrazovaném výstupu jsou střídavě zatmívána sklíčka pro pravé a levé oko jako na obrázku níže. Toto se děje ve vysoké frekvenci, vzniká tak vjem prostorového obrazu. Tato technologie se využívá nejčastěji k prezentaci 3D filmů, v některých divadlech, a můžou být využívány k prezentaci 3D obrazu na CRT, LCD a plasma obrazovkách, tak jako na projektorech či jiných typech zobrazovacích zařízení.[21]



Obr. 5: (zatměné levé oko)[21]



Obr. 6: (zatměné levé oko)[21]

1.2.2 Anaglyph 3D

Anaglyfické zobrazování je stereoskopická technika rovněž umožňující vnímat pozorovaný obraz prostorově. Tato metoda je založena na rozložení obrazu pro pravé a levé oko na barevné složky. Na vysílaném obraze jsou zachyceny dva záběry jedné scény. Každé oko pak vnímá tu část scény, která je odfiltrována clonou před okem (nejčastěji brýlemi). Nejčastějšími filtry jsou modrozelené a červené. Existují také anaglyfy žluto-modré nebo zeleno červené apod., ty však nejsou tak časté. Pro vytváření anaglyfických kreseb lze využít patřičných metod deskriptivní geometrie. Tato metoda je velmi rozšířená hlavně z důvodu jednoduchosti šíření. Po vytvoření anaglyfického obrazu lze takovýto obraz distribuovat na takřka jakémkoliv zobrazovacím zařízení v kombinaci s velmi levnými a dobře dostupnými brýlemi (filtry). Tato metoda je nejčastěji využívána u natáčení a následné distribuce filmů, nejčastěji v kinech. Na obrázku 7 a 8 je znázorněn anaglyfický obraz a jednoduché barevné brýle.[17]



Obr. 7: (anaglyfický obraz)[17]



Obr. 8: (3D brýle)[17]

1.2.3 Metoda dvou displejů

Tato metoda je v současnosti nepoužívanější a nejoblíbenější technikou. Je to způsobeno jednak samotnou vysokou věrohodností vjemu, ale především interaktivností. Ta je u předchozích metod nesrovnatelně menší z důvodu pouhého sledování statického obrazu. U této metody je naopak uživatel aktivním hybatelem obrazu, a to díky čidlům, které jsou buďto mimo zobrazovací zařízení (např. snímače pohybu), nebo přímo v něm (např. gyroskop, akcelerometr apod.).

Metoda je založena na zobrazování dvou pohledů na dva displeje, nebo jeden displej softwarově rozdělen na dvě poloviny, kde každý pohled je umístěn před jedno oko. Tím vzniká prostorové vnímání. To je ještě více umocněno měnícím se v prostoru ohniskem pozorovatele na základě jeho skutečného pohybu.

Je realizována buďto pomocí speciální náhlavní soupravy často doplněné o periferní ovladače a čidla (obr.9) obsahující dva samostatné displeje obvykle s vysokým rozlišením (běžně 2K), nebo vložení zobrazovacího zařízení (nejčastěji mobilního telefonu) do speciální soupravy (brýle) pro zobrazení VR (obr. 10). Druhé řešení je zřejmě levnější, o poznání ovšem méně věrohodnější. První je zcela jistě nejrozšířenějším a nejdůvěryhodnějším způsobem zobrazení VR.



Obr. 9: (náhlavní souprava VR s ovladačem)[15]



Obr. 10: (brýle pro externí zobr. zařízení)[15]

Za věrohodné vytváření virtuální reality je považována pouze metoda dvou displejů, a to z důvodu požadavku na vytvoření jakéhosi stupně interaktivity daného zážitku. Proto o virtuální realitě nemluvíme v případě sférických fotografií či videa. Virtuální realitou dnes klasifikujeme především interaktivní (součinnost s pohyby pozorovatele) zobrazování prostřednictvím náhlavních displejů vybavených LCD nebo LED displeji s dostatečným rozlišením. Právě proto bude na tato zařízení kladen důraz.

1.3 Zařízení pro vytváření VR

V této kapitole budou uvedeni někteří zástupci z kategorie systémů pro vytváření virtuální reality pomocí metody dvou displejů od několika výrobců.

1.3.1 Oculus GO

První ze tří zařízení společnosti Oculus. Parametry v tabulce 1.



Obr. 11: Oculus GO[15]

úhel zobrazení	360°
rozlišení displeje	2560x1440
obnovovací frekvence	72 Hz
ovladač	1 bezdrát.
cena (Kč)	7000

Tabulka 1: oculus GO-parametry[15]

1.3.2 Oculus Quest

Druhé ze tří zařízení společnosti Oculus. Parametry v tabulce 2.



Obr. 12: Oculus Quest[15]

úhel zobrazení	360°
rozlišení displeje	2880x1600
obnovovací frekvence	72 Hz
ovladač	2 bezdrát.
cena (Kč)	14000

Tabulka 2: oculus Quest-parametry[15]

1.3.3 Oculus Rift

Poslední ze tří zařízení společnosti Oculus. Parametry v tabulce 3.



Obr. 13: Oculus Rift[15]

úhel zobrazení	360°
rozlišení displeje	2560x1440
obnovovací frekvence	80 Hz
ovladač	2 bezdrát.
cena (Kč)	13000

Tabulka 3: Oculus Rift-parametry[15]

1.3.4 DJI Goggles Racing edition

Brýle společnosti DJI jsou bez periferního ovladače. Parametry v tabulce 4.



Obr. 14: DJI Goggles RE[15]

úhel zobrazení	148°
rozlišení displeje	3840x1080
obnovovací frekvence	60 Hz
ovladač	ne
cena (Kč)	16000

Tabulka 4: Oculus Rift-parametry[15]

1.3.5 Playstation Virtual reality

Zařízení pro VR společnosti Sony k herní konzoli Playstation. Parametry v tabulce 5.



Obr. 15: Playstation VR[15]

úhel zobrazení	100°
rozlišení displeje	1920x1080
obnovovací frekvence	120 Hz
ovladač	2 bezdrát.
cena (Kč)	7800

Tabulka 5: Playstation VR - parametry[15]

1.3.6 Acer Windows OJO 500

Brýle společnosti Acer vyvinuté pro spolupráci s OS Windows. Parametry v tabulce 6.



Obr. 16: Acer Windows OJO 500[15]

úhel zobrazení	100°
rozlišení displeje	2880x1440
obnovovací frekvence	90 Hz
ovladač	2 bezdrát.
cena (Kč)	13 000

Tabulka 6: Acer Windows OJO 500 - parametry[15]

1.3.7 Pimax 4K

Jeden zástupce od společnosti Pimax s rozliš. 4K. Parametry jsou uvedeny v tabulce 7.



Obr. 17: Pimax 4K[15]

úhel zobrazení	110°
rozlišení displeje	3840x2160
obnovovací frekvence	90 Hz
ovladač	2 drátové
cena (Kč)	12 000

Tabulka 7: Pimax 4K-parametry[15]

1.3.8 HTC Vive

Zařízení pro VR od společnosti HTC VIVE, které jsou také k dispozici na katedře robotiky. Parametry v tabulce 8.



Obr. 18: Playstation VR[15]

úhel zobrazení	360°
rozlišení displeje	2160x1200
obnovovací frekvence	90 Hz
ovladač	2 bezdrát.
cena (Kč)	15 000

Tabulka 8: HTC Vive-parametry[15]

1.3.9 HTC Vive PRO

Vylepšená verze brýlí Vive. Parametry v tabulce 9.



Obr. 19: HTC Vive PRO[15]

úhel zobrazení	360°
rozlišení displeje	2880x1600
obnovovací frekvence	90 Hz
ovladač	2 bezdrát.
cena (Kč)	21 000

Tabulka 9: HTC Vive PRO-parametry[15]

1.3.10 Google Cardboard

Pro zajímavost je zde uvedeno i nízkonákladového řešení společnosti Google. Za cenu asi 200 Kč je možno zakoupit intuitivní kartonovou skládačku, do které se vloží zobrazovací zařízení (smartphone, tablet) a ten pak pomocí aplikace vytváří virtuální realitu kvalitativně s ohledem na pořizovací cenu.



Obr. 20: Google cardboard – rozložený stav[15]



Obr. 21: Google cardboard – složený stav[15]

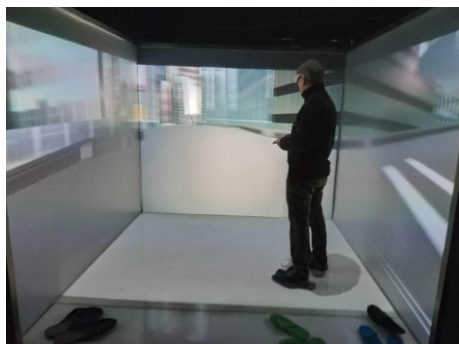
Celkový přehled s možností srovnání jednotlivých parametrů tohoto typu zařízení pro virtuální realitu se nachází v tabulce 10.

Tabulka 10: souhrn parametrů brýlí pro VR[15]

	úhel zobrazení	rozlišení displeje	obnovovací frekvence	ovladač	cena (Kč)
Oculus GO	360°	2560x1440	72 Hz	1 bezdrát.	7000
Oculus Quest	360°	2880x1600	72 Hz	2 bezdrát.	14000
Oculus Rift	360°	2560x1440	80 Hz	2 bezdrát.	13000
DJI goggles RE	148°	3840x1080	60 Hz	ne	16000
Playstation VR	100°	1920x1080	120 Hz	2 bezdrát.	7800
Acer Windows OJO 500	100°	2880x1440	90 Hz	2 bezdrát.	13000
Pimax 4K	110°	3840x2160	90 Hz	2 drátové	12000
HTC Vive	360°	2160x1200	90 Hz	2 bezdrát.	15000
HTC Vive PRO	360°	2880x1600	90 Hz	2 bezdrát.	21000

1.3.11 Systém Cave (jeskyně)

Jedná se o jakýsi další stupeň interaktivity virtuální reality. Je založen na principu již výše zmíněné metody „shutter glass“. Obraz je vysílán na zdi obvykle malé místnosti a pomocí stereoskopických brýlí je pak vytvářen dojem virtuální reality. Jedná se prozatím o velice nákladné systémy, jejichž pořizovací cena se pohybuje v řádech statisíců až milionů korun. Jedna z takovýchto „jeskyní“ se nachází na ČVUT v Praze. (obr. 22 a 23)[13]



Obr. 22: Virtuální realita pomocí systému Cave – ČVUT[13]



Obr. 23: Virtuální realita pomocí systému Cave – ČVUT[13]

1.4 Vytváření virtuální reality

V souvislosti se stále se zlepšující kompatibilitou formátů 3D dat a dostupností výkonného hardwarového vybavení se z virtuální reality stává nejen silný marketingový nástroj, ale především nástroj usnadňující konstrukci, výrobu a ožívání robotizovaných pracovišť, automatizovaných linek a dalších výrobních a nevýrobních zařízení.

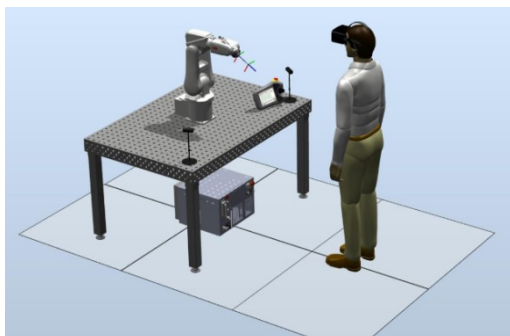
Svou silnou roli uplatňuje virtuální realita tam, kde je třeba testovat či optimalizovat kolize či trajektorie pohybu ve složitých technologických celcích. Velkou výhodou se nabízí i off-line či on-line programování robotů na základě pokynů uživatele virtuální reality. Právě k těmto účelům slouží software pro simulace reálných aplikací.

V následujících kapitolách budou zmíněny ukázky využití virtuální reality za pomoci softwarového prostředí několika softwarových nástrojů. Jedni z největších hráčů na tomto poli jsou bezpochyby ABB a Siemens.

1.4.1 Virtuální realita v software od ABB

Programovací a simulační software od ABB se nazývá RobotStudio (dále i RS) a od verze 6.04 je v něm zakomponován doplněk, který umožňuje software propojit s brýlemi pro VR.

V bakalářské práci Václava Nevřivy [8] je dobře popsán princip fungování tohoto propojení. Posluchač sestavil v programu RobotStudio simulační prostředí sestávající se ze stolu s robotem, flexpendantem a kontrolérem (obr. 24). Je zde i znázorněn pohled operátora ve virtuální realitě (obr.25) a jeho výchozí virtuální ovládací panel v podobě krychle.



Obr. 24: simulační prostředí [8]

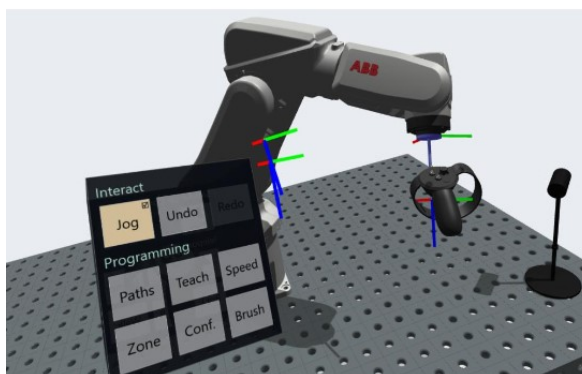


Obr. 25: pohled operátora VR [8]

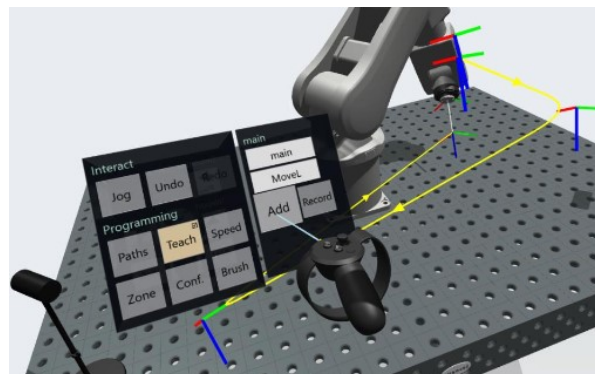
Dále je zde vidět způsob ovládání pomocí hardwarových ovladačů. Ten v pravé ruce je ve virtuálním prostředí zobrazen identicky jako skutečný. Tento pak umožňuje ukazovat či vybírat jednotlivé prvky simulace, volit funkce apod. na virtuálním ovládacím panelu, který reprezentuje ovladač v levé ruce.

Toto ovládání také nabízí možnost pohybu ve virtuálním prostředí bez nutnosti fyzického pohybu operátora. K tomu slouží panel možností na obr. 25. V této nabídce se také nachází možnost spouštění a zastavování simulace.

Na stěně ovládací krychle (obr. 26) je možné volbou možnosti „Jog“ volně pohybovat s jednotlivými stupni volnosti robota či jeho efektozem. Na obrázku 27 je pak vidět režim „Programming“ na stejném panelu virtuálního ovladače. Ten umožňuje učit robota orientaci, a při stanovení průjezdních bodů takto robota programovat.

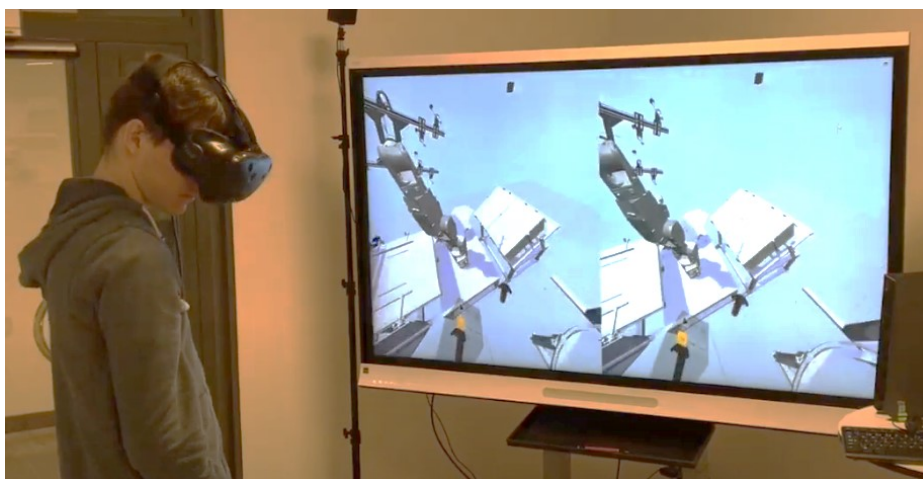


Obr. 26: funkce „Jog“ [8]



Obr. 27: modul „Programming“ [8]

V předchozím příkladu bylo použito brýlí pro VR značky Oculus model Rift, avšak v projektu firmy Smarta Fabriker byl zvolen systém virtuální reality HTC Vive PRO. Simulátoři této společnosti si pochvalují především možnost rozvržení výrobních prostor či programy PLC. Tomu se říká virtuální uvedení do provozu. To lze sice provádět i bez využití virtuální reality, nicméně právě s VR lze získat úplně jiný pohled na chod věcí a na představu o skutečné podobě projektu. Na obrázku 28 je vidět pozorovatele VR a zároveň jeho pohled v brýlích pro VR v realizaci společnosti Smarta Fabriker.[20]



Obr. 28: prostředí Robotstudio[20]

1.4.2 Virtuální realita v software od Siemens

Přímým konkurentem společnosti ABB je další světový konglomerát na poli automatizační techniky a elektrotechniky – Siemens. Ten disponuje několika softwarovými prostředky pro modelování, simulaci a off-line programování objektů tohoto odvětví. Hlavní dva softwarové nástroje pro simulace těchto strojírenských aplikací jsou dva. Robot Expert a Process simulate.[4]

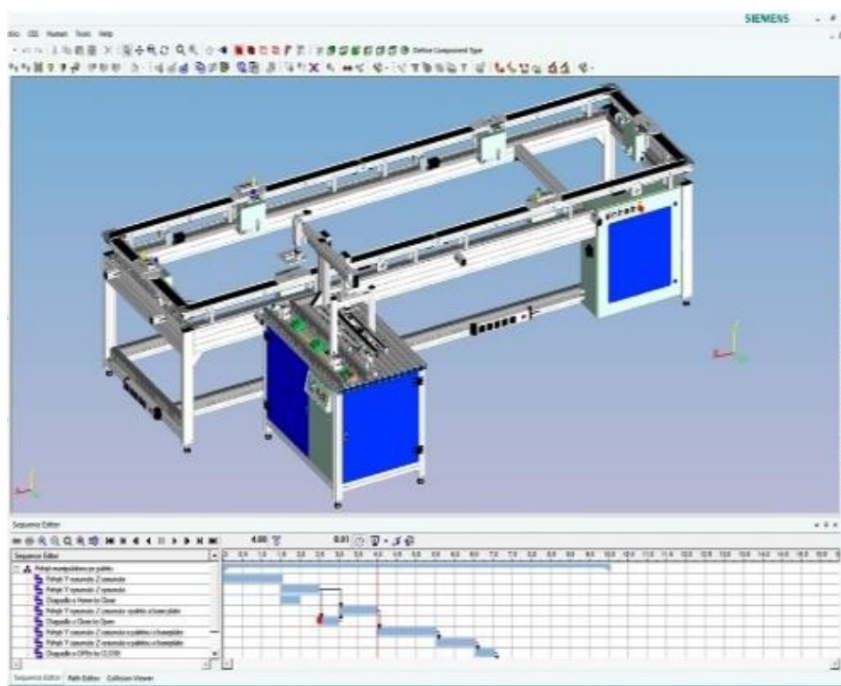
Robot Expert je v podstatě nižší úrovní Process simulate, ale zároveň také jeho levnější variantou. Prakticky nabízí pouze simulace a procesy jednodušších uzlů, např. na úrovni robotických buněk. Nabízí ovšem nespočet funkcí, kterými jsou například 3D modelování nástrojů, periferií a robotů, knihovnu robotů hlavních výrobců průmyslových robotů, detekci kolize, off-line programování robotů, interakci s kontrolérem, tvorba a export procesů a drah PR, a výpočet přesného času cyklu.[4]

Všechny tyto funkce v sobě obsahuje také Process simulate, který je softwarovým řešením pro větší technologické celky, např. výrobní linky, haly a podobně. Na rozdíl od Robot Expert disponuje ještě dalšími funkcemi jako jsou bodové svařování, konektivitu

s PLC zařízeními, simulace řízená událostmi, senzorka, simulace člověka a ergonomie, načítání mračen bodů, a především funkcí vytváření virtuální reality.[4]

Právě možností využití virtuální reality jako nástroje pro podporu simulací výrobních procesů se zabýval ve své práci tým vědců ze slovenské technické univerzity Bratislava, který využil právě software Process simulate od společnosti Siemens.[9]

V práci je popsána tvorba simulačního prostředí testovacího zařízení iCIM 3000 v prostředí PS a tvorba a využívání VR s pomocí technologie brýlí pro VR HTC Vivo.[9]

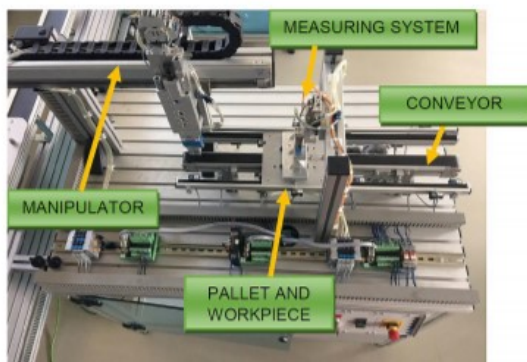


Obr. 29: simulace v Process simulate[9]

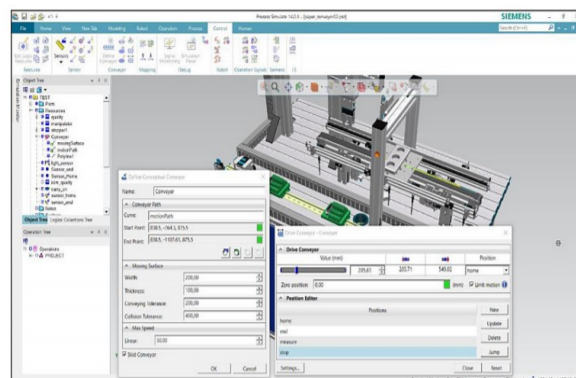


Obr. 30: využití VR v Process simulate“[9]

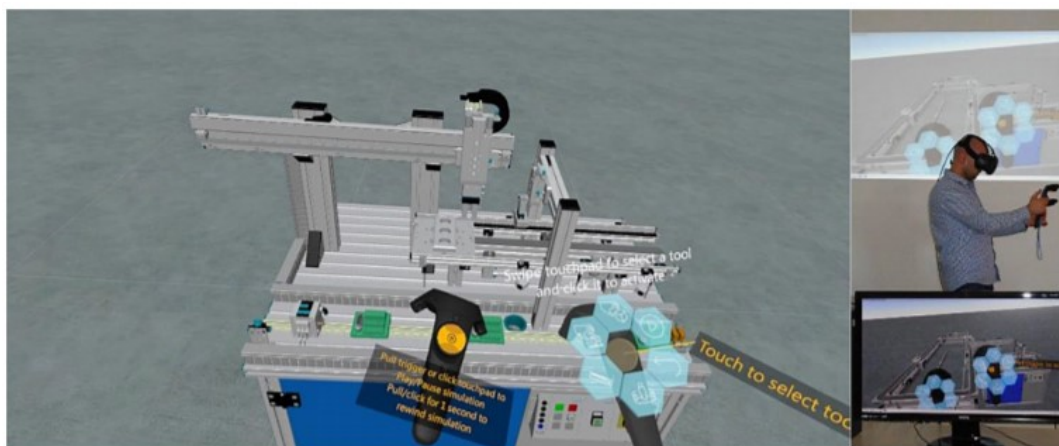
Stejný tým pracoval i na další aplikaci využití VR, v tomto případě na studii simulace řídicího systému dopravníku za použití virtuálního uvedení do provozu a virtuální reality.



Obr. 31: reálný dopravník[9]

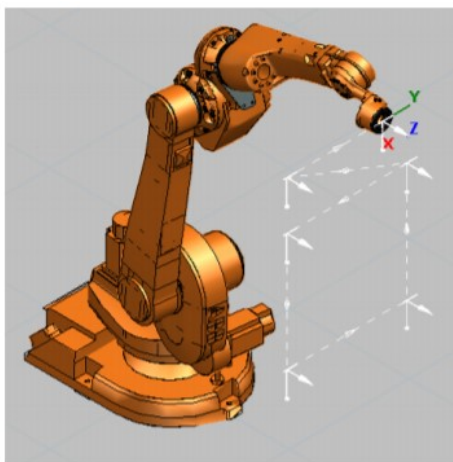


Obr. 32: simulace v Process simulate[9]



Obr. 33: náhled VR pomocí Process simulate[9]

Detailním návodem a bohatou zdrojnicí cenných informací pro přípravu a samotnou simulaci pracovišť pomocí Process simulate je diplomová práce Tomáše Krejčího.[4] Postupně zde popisuje způsob ovládání samotného programu jako např. vkládání součástí, modelování, přes tvorbu kinematiky a simulaci vytvořených aplikací až po názorné ukázky různých robotických aplikací včetně off-line programování.



Obr. 34: ukázka tvorby trajektorie z DP Tomáše Krejčího[4]

1.4.3 Virtuální realita v software herních enginů

Virtuální realita je velmi dobře stvořitelná také v takzvaných programech pro tvorbu herního enginu. Jelikož právě firmy vyvíjející zábavní software produkují značné zisky, jsou ony samotnými vývojáři software pro tvorbu virtuální reality. Ten pak poskytují buďto zdarma nebo za částečně placené licence individuálním tvůrcům VR.[14]

Takovýto software je prakticky jen generátorem živého prostředí virtuální reality. Samotné prvky se tvoří často někde mimo, nebo je lze stáhnout, a pouze jsou do tohoto generátoru vkládány. Engine pak tvoří pohyby v prostoru, orientaci kamery, interakce atd. Následně je vyexportován projekt do použitelné aplikace. Modelovací prostředí musí být kompatibilní s prostředím herního enginu, co se týče formátů souborů. Dnes je ale tato kompatibilita bezproblémovou záležitostí, proces tvorby VR je tak z tohoto pohledu velmi uživatelsky přívětivý.[14]

Takto vytvořená virtuální realita na rozdíl od dvou výše zmiňovaných nástrojů se využívá, a lépe se hodí, například jako panoramatické (3D) prohlížení projekčních návrhů ve stavebnictví, architektuře či jakémkoliv jiném odvětví, kde se má virtualizovat stav budoucí.

Jedním z takovýchto nástrojů je Unreal Engine od společnosti Epic games. Tato platforma je poskytována zdarma včetně zdrojových kódů za podmínky, že v případě komerčního použití se ziskem nad stanovenou hranici, si firma účtuje podíl na zisku (v řádu procent).[14]

Tento software poskytuje svůj vlastní typ vizuálního skriptování (tzv. blueprints), což v praxi znamená, že tvůrce VR nemusí znát žádný skriptovací jazyk. Je zde k dispozici grafické programovací prostředí, které je velmi přehledné a intuitivní.

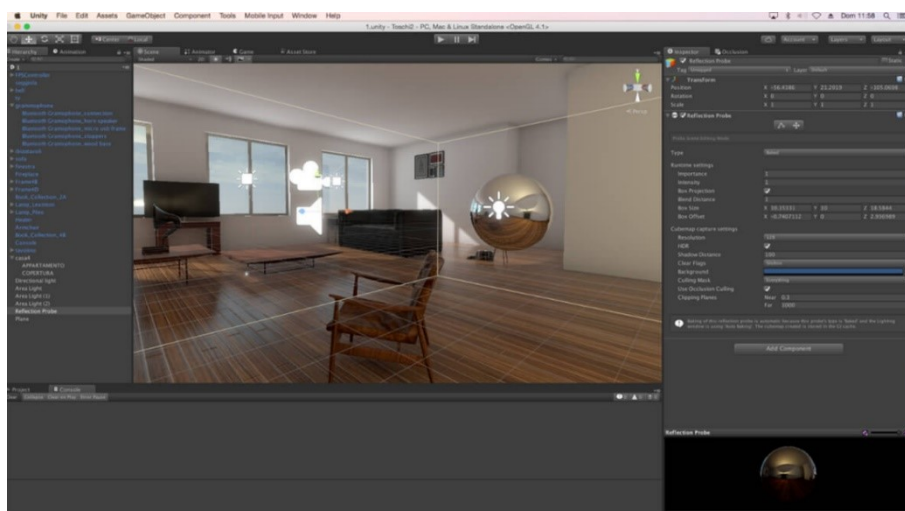


Obr. 35: prostředí Unreal Engine[14]

Dalším příkladem virtualizačního software pro virtualizaci je Unity od Unity technologies. Jedná se o software s takřka shodnými funkcemi jako Unreal. K dispozici jsou verze zdarma a placená, nicméně verze zdarma neposkytuje všechny funkce verze placené.

Tento engine umožňuje publikovat aplikaci na PC, ve verzi tzv. „stand-alone“ bez nutnosti instalovat specializované prohlížeče. Zároveň je zde možnost spuštění publikace ve webovém prohlížeči.

Stejně jako předchozí software je zde podpora napříč takřka všemi platformami. Je kompatibilní s mobilními systémy Windows phone, iOS, Blackberry či android. Samozřejmostí je podpora pro PC (Windows, Linux, Mac) a konzole Xbox a Playstation.[14]



Obr. 36: prostředí Unity[14]

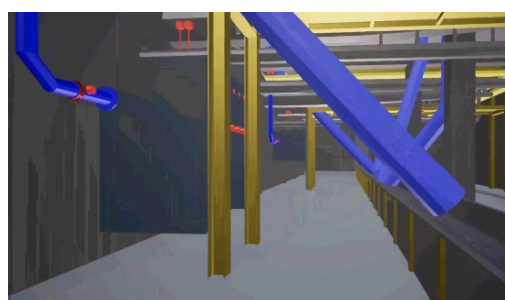
1.5 Využití VR v robotických aplikacích

V této kapitole jsou uvedeny příklady využití virtuální reality v součinnosti s robotickým systémem. Je zajímavé sledovat stupeň interakce mezi systémem virtuální reality a robotickým systémem.

Virtuální realita může sloužit, a využívá se tak velmi často, jako prostředek pro plánování rozložení (layout) výrobních (automatizovaných) linek. Tedy pro získání představy o budoucím řešení nebo realizaci úprav stávajícího. Tento princip se často využívá i pro marketingové účely např. u prodejců interiérových doplňků. Příkladem takového využití může být IKEA VR Experience. [18]



Obr. 37: VR pro řešení layout[18]



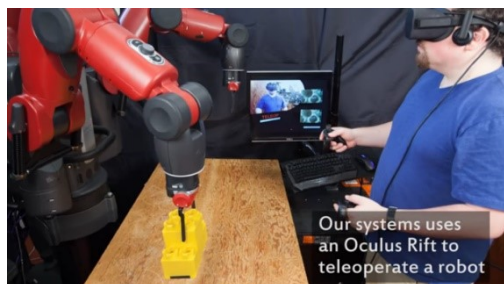
Obr. 38: VR pro řešení layout[18]

Další využití nabízí VR pro samotné simulování robotizovaných pracovišť. V případě zapojení akčních prvků, jako např. bezpečnostní periferie, ovládací prvky apod., se stane z řešené aplikace velmi realistické prostředí, které může pomoci s řešením mnoha

problémů takového pracoviště. Takovéto řešení se nazývá „virtuální uvedení do provozu“. Příkladem pro takového využití může být projekt již zmíněné firmy Smarta Fabriker nebo projekt týmu z Bratislavské Univerzity.[20][9]

Zajímavou možností, která ještě není často využívána, je programování robotu, resp. jeho trajektorie, pomocí samotné virtuální reality. Právě těmto aplikacím vychází vstříc oba dva silní hráči ve světě automatizace, tedy ABB i Siemens, kteří ve svých nástrojích tyto funkce podporují. Příkladem je již zmiňovaná práce Václava Nevřivy[8].

Zatím jedním z mála příkladů se zdá být využití VR přímo k ovládání robotů. Tým vědců z MIT vytvořil systém virtuální reality, který umožní ovládat robota přímo pomocí setu pro VR. Nejdříve dochází k synchronizaci člověka a robota. Systém si naskenuje okolí člověka, a to pak převede do virtuální reality. Ta se pak převede do prostředí robotu. Člověk tak vidí pohled „z robotu“. Odezva i přesnost kooperace jsou na velmi vysoké úrovni.[16]



Obr. 39: MIT ovládání robotu pomocí VR[16]



Obr. 40: MIT ovládání robotu pomocí VR[16]

Zajímavým, či spíše příkladem pro zajímavost, se zdá využití virtuální reality v součinnosti s průmyslovým robotem firmou KUKA. Jedná se spíše o prezentační projekt vhodný na veletrhy či výstavy. Jeho název je KUKA Coaster a jde o průmyslový robot, jehož efektozem jsou bezpečnostní sedačky pro lidi jako v zábavním parku. Těm jsou nasazeny brýle a je jim promítána VR simulující jízdu na zábavní atrakci typu horská dráha. Vjemy z jízdy jako přetížení a otřesy jsou zprostředkovány průmyslovým robotem firmy KUKA.[19][12]



Obr. 41: KUKA Coaster[19]



Obr. 42: KUKA Coaster,VR[19]

1.6 Shrnutí poznatků

Na základě zadání byly analyzovány možnosti vytváření prostorového zobrazování umělého obrazu. Byla identifikována metoda nejdůvěryhodnějšího vytváření virtuální reality, a následně dohledána velká množina prostředků pro její realizaci. Kromě samotných brýlí, resp. soupravy s brýlemi, pro zobrazení VR byly dohledány práce s realizací virtuální reality pomocí software dvou konkurenčních firem, ABB a Siemens a některých dalších.

V souvislosti s dohledanými příklady použití lze říci, že VR se v současné době dá využít v oblasti robotiky (samozřejmě nejen v ní) ke čtyřem typům aplikací (oblastí využití) s různými stupni interaktivit:

- Tím prvním je pouhé prohlížení daného prostoru, většinou statického, prostorovou perspektivou s interakcí pohybu pozorovatele. Možným příkladem pro tuto oblast může být převedení již vymodelovaného prostředí (místnosti) Centra robotiky do VR a jeho procházení (sledování) v prostředí VR.
- Druhým typem aplikace s vyšším stupněm interakce je prakticky stejným typem jako předchozí, avšak s možností aktivního ovládání prvků automatizačního systému (tlačítko start, stop, logické prvky, bezpečnostní prvky atd.) Typickým příkladem je zde tzv. virtuální uvedení do provozu. Tento typ aplikace v sobě zahrnuje i předchozí typ. Možností je zde například virtuální rozšíření výukové buňky na Centru robotiky o nové periferie, s ohledem na konkrétní

(zamýšlenou) aplikaci. Prezentace tohoto typu úlohy je realizována v rámci diplomové práce.

- Třetím typem aplikace s ohledem na interaktivitu systému je možnost programování robotického systému pomocí ovladačů setu pro VR přímo v prostředí VR. Možnou realizací může být tvorba trajektorie pro již, na stávající buňce, realizovatelnou úlohu „horký drát“. Tato úloha je také realizována v rámci diplomové práce.
- Čtvrtým stupněm aplikace je z tohoto pohledu ovládání robotického systému samotným systémem (setem) virtuální reality. Vzhledem ke specifickým podmínkám a časové náročnosti pro realizaci tohoto typu úlohy, není tato realizována.

Oba programy, tedy Robotstudio i Process Simulate nabízí podobné možnosti a funkce v souvislosti s aplikacemi zmíněnými v předchozím odstavci. Robotstudio je lepším nástrojem pro práci s menším technologickým uzlem, a právě s takovým nabízí mnohem lepší možnosti simulací, a to především ve spojení s produkty vlastní značky, naopak Process simulate je mnohem více univerzálnějším nástrojem ve smyslu aplikace na roboty různých značek a pro aplikace složitějších technologických celků, např. celých výrobních linek.

Právě kvůli dostupnosti robotů ABB na centru robotiky a dobrou technickou podporou ze strany samotné společnosti, jsem pro následující názornou ukázkou tvorby VR zvolil právě software od firmy ABB, tedy Robot studio, a také headset pro VR HTC, který je rovněž dostupný na katedře robotiky. Tento set pro VR je v porovnání s ostatními soupravami na více než srovnatelné úrovni a pro věrohodné vytvoření virtuálního prostředí více než vhodný.

2 Tvorba simulace pro VR

V této kapitole je popsána realizace dvou simulačních úloh, z nichž druhá bude převedena do VR, realizovatelných na výukové robotické buňce s průmyslovým robotem IRB 140, nacházející se na Centru robotiky.

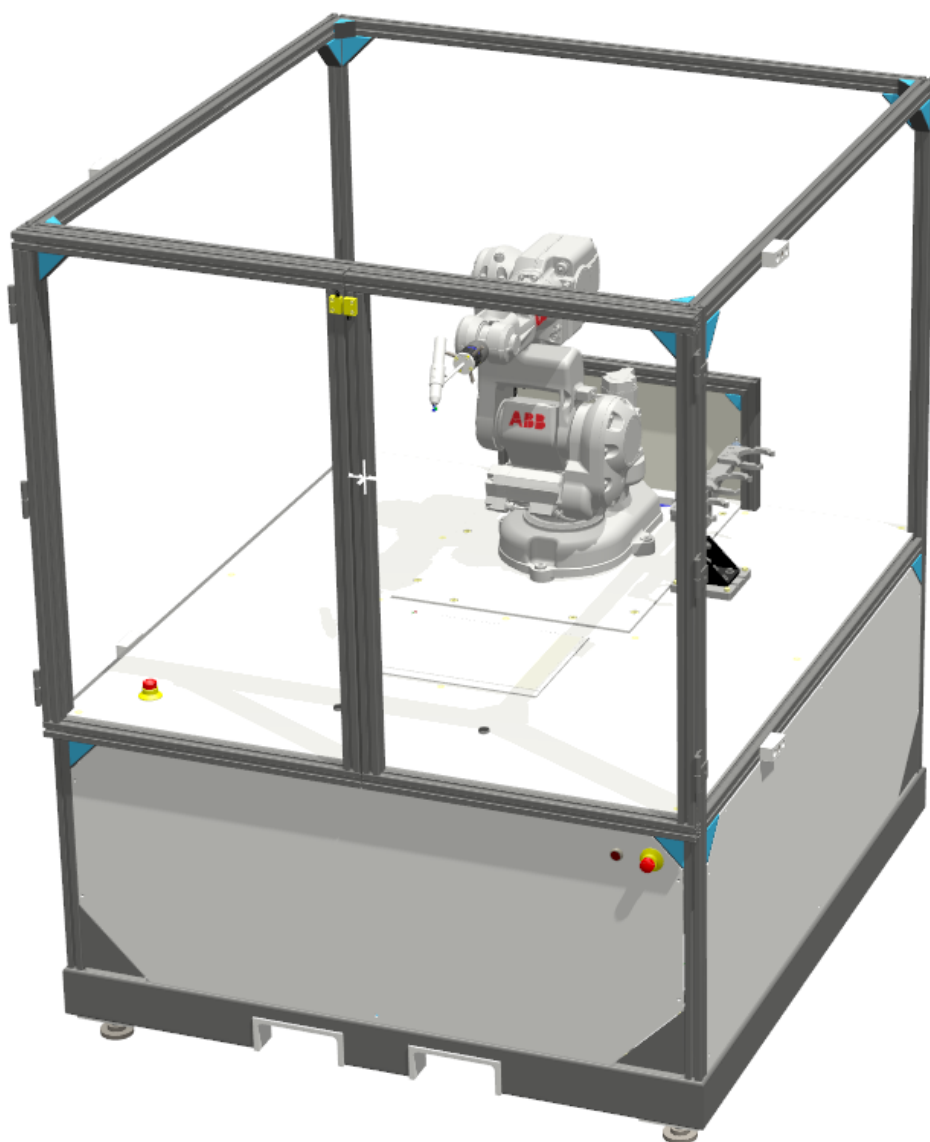
2.1 Stanovení cíle

Předmětem realizace je výuková robotická buňka, nacházející se na centru robotiky VŠB. V souvislosti s vytvářením virtuální reality je její současný stav považován za výchozí. Pomocí nástrojů CAD a simulačních programů, bude pro potřeby zamýšlené aplikace dovybavena buňka potřebnými prvky (periferie) a tyto budou následně převedeny, i s modifikovanou simulací, do prostředí virtuální reality. Bude také vyzkoušena možnost definování trajektorie robotu ovladačem setu VR přímo v prostředí virtuální reality.

2.1.1 Výchozí stav

Za výchozí stav je zvolena prakticky totožná situace, v jaké se dnes nachází robotická buňka na centru robotiky VŠB. Na rozdíl od ní ale je pro tyto účely znovu použita vodorovná kreslicí podložka (obr.43).

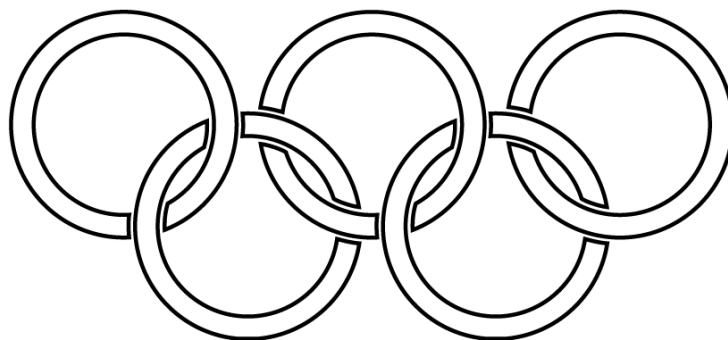
Jedná se o výukovou robotickou buňku, která je vybavena průmyslovým robotem IRB 140 s několika periferiemi pro realizaci několika robotických, především ukázkových, aplikací. Je vybavena bezpečnostními prvky včetně senzorů zavřených dveří, tlačítka vypnutí nebo bezpečnostním ohrazením. Autorem jejího návrhu a realizace je Ing. Michal Vocetka. Celkový pohled na buňku je na obr. 43.



Obr. 43: Výuková buňka – výchozí stav

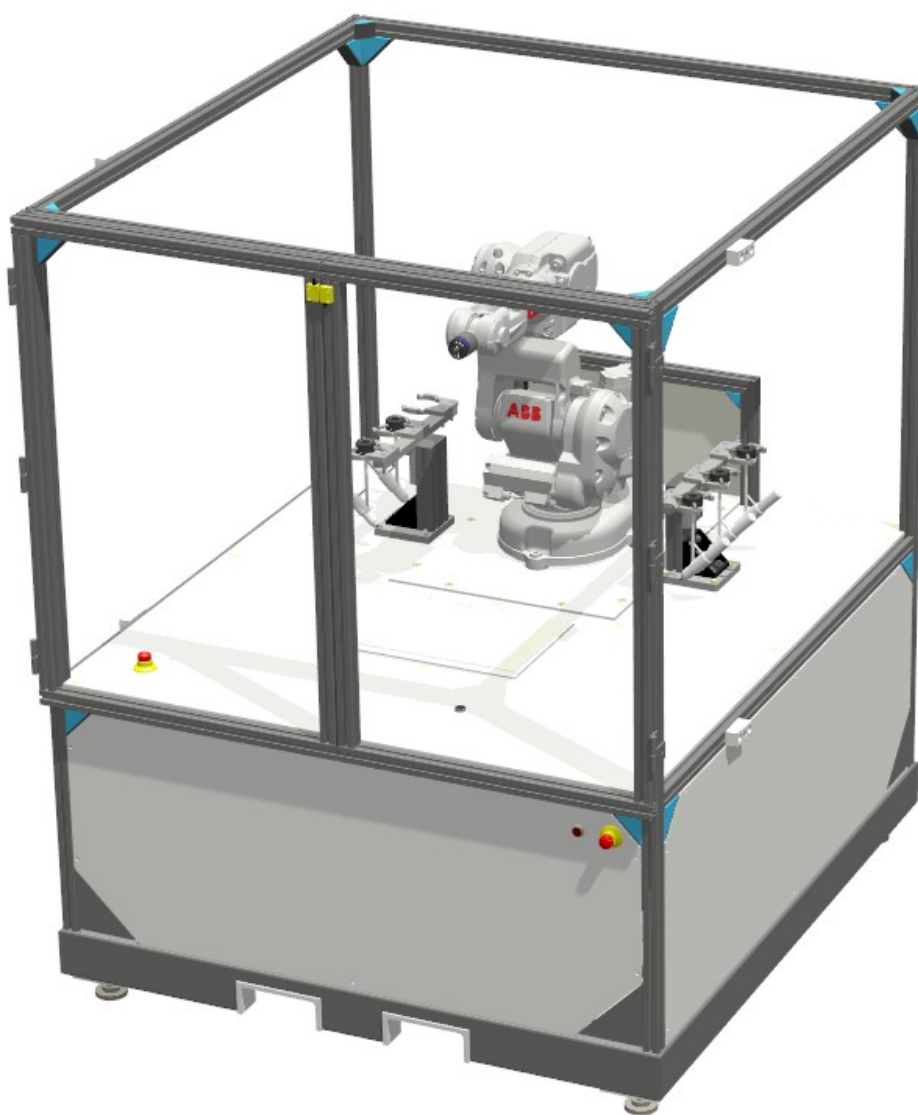
2.1.2 Výchozí úloha

Výchozí úlohou byla stanovena aplikace kreslení robotem na papíru položeném na kreslicí podložce. K této úloze je definován předepsaný obrazec (logo olympijských her – obr. 44), který je jednobarevný. Aplikace je tedy uzpůsobena realizaci na buňce v současném stavu. Není ji (buňku) tedy zapotřebí jakkoli modifikovat.



Obr. 44: Výuková úloha – obrazec

2.1.3 Zamýšlený stav

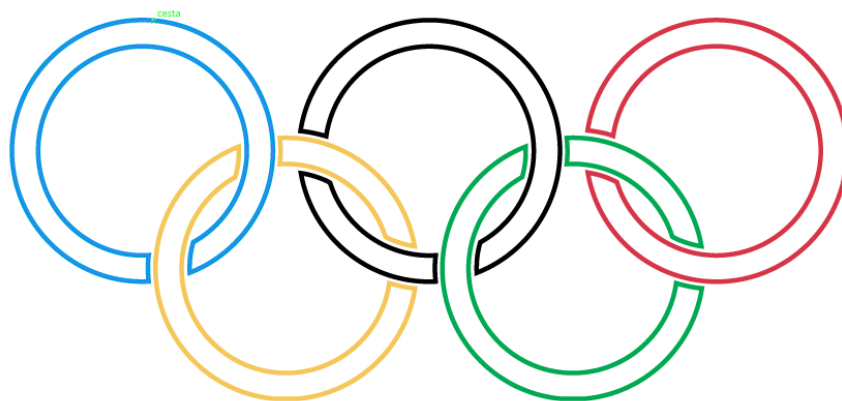


Obr. 45: Výuková buňka – zamýšlený stav

Úloha definovaná pro simulování ve virtuální realitě je stanovena obdobně jako výchozí. Na rozdíl od ní však bude logo vykresleno barevně. Je tedy buňku zapotřebí dovybavit, s ohledem na počet používaných efektorů (5) s různě barevnými fixy, druhým stojanem (zásobníkem) na vyměnitelné efekty. Názorně je to vidět na obrázku 45.

2.1.4 Virtuální úloha

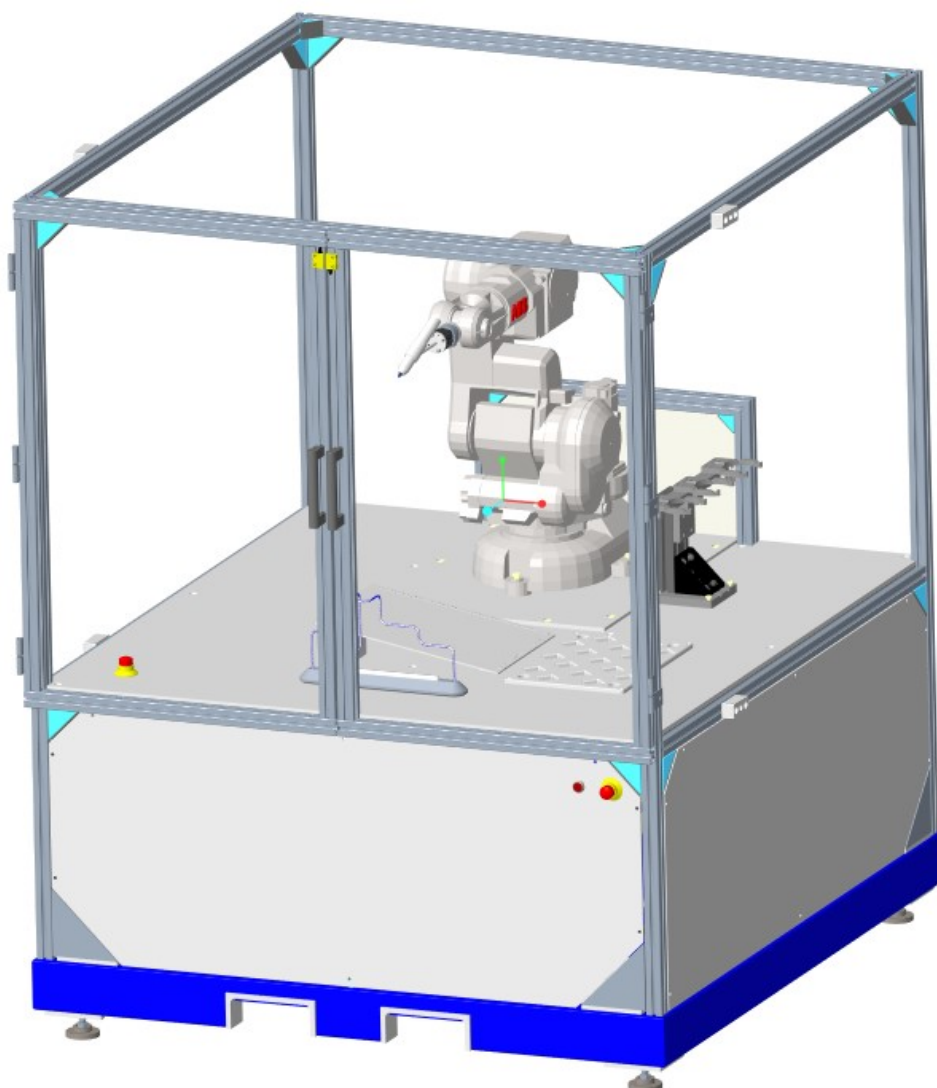
Obdobná úloha bude vytvořena k virtuální prezentaci pomocí VR. Tentokrát ovšem bude využita automatická výměna efektorů a výsledné logo bude barevné, jako na obrázku 46.



Obr. 46: Virtuální úloha – obrazec

2.2 Simulace výchozí úlohy

V této kapitole je popsán postup při simulaci výchozí simulované úlohy realizovatelné na současném pracovišti s robotem IRB 140. Úloha popsaná v kapitole 2.1.1 a 2.1.2 je realizována na výukovém pracovišti vytvořeném v rámci diplomové práce Michala Vocetky[3]. Jedná se robotickou buňku s ochranným hrazením a bezpečnostními prvky, ve které je umístěn průmyslový robot ABB IRB 140. Ten je vhodně doplněn pracovními nástroji a periferiemi pro realizaci taktéž vytvořených aplikací. Pohled na aktuální stav buňky doplněné o veškeré periferie vytvořené potřebám výukových úloh jsou na obrázku 47.



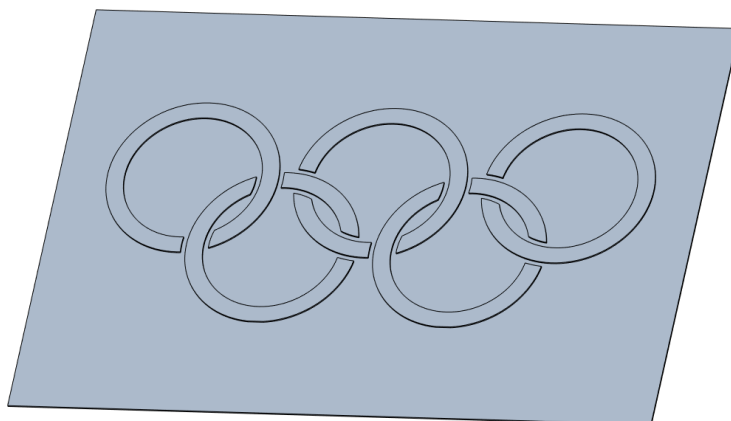
Obr. 47: Výuková buňka – aktuální stav

K dispozici je podložka (nakloněná) pro úlohu typu kreslení, dále deska se čtvercovými otvory pro zakládání kostek a stojan s pokrouceným ocelovým drátem pro úlohu známou, terminologií dětských her, jako „horký drát“. Buňka je také vybavena jedním kusem stojanu pro automatickou výměnu efektorů od společnosti SCHUNK. K dispozici jsou sloty pro tři efektorů.

2.2.1 Příprava 3D dat z prostředí CREO

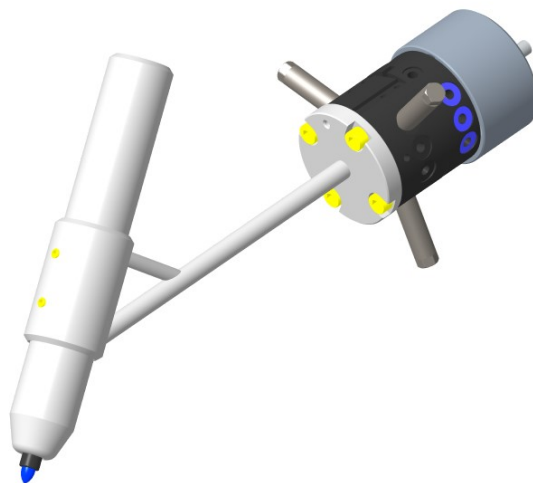
Pro realizaci simulace v RS je potřeba nejdříve připravit CAD modely zobrazované při simulaci. V tomto případě, který takřka koresponduje se stanoveným zadáním z kapitoly 2.1.1. se jedná o kompletní sestavu celé buňky včetně podložky pro kreslení umístěné na magnetech a stojanu pro automatickou výměnu efektorů. Pro tento účel byl 3D model buňky v prostředí CREO upraven tak, aby odpovídal situaci totožné s obrázkem 43, ovšem kromě robotu IRB 140. Ten se vkládá až v RS jako živý mechanismus řízený kontrolérem samotného software.

Zároveň byl vytvořen list papíru, který se pro potřeby vytvoření cesty robotu vymodeloval do tvaru potřebné geometrie loga. (obr. 48). Ten byl vložen již do sestavy robotické buňky. Pro potřeby samotné simulace byl vytvořen i druhý, prakticky totožný, model buňky, ve kterém je použit rovný papír.



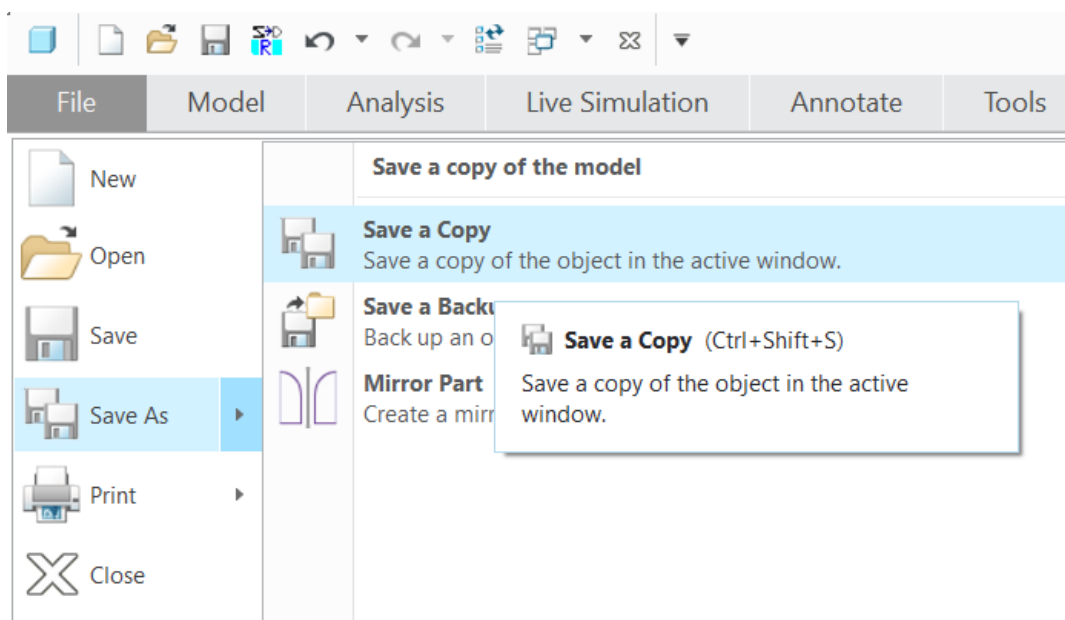
Obr. 48: papír pro tvorbu cesty robotu

Dále byla pro tuto úlohu vytvořena sestava efektoru popisovače, ze které se v prostředí Robotstudio vytvoří nástroj robotu. To bude popsáno v jedné z následujících kapitol. V tomto typu úlohy je využit pouze jeden popisovač, takže je možné vytvořit nástroj z modelu sestávajícího se z efektoru samotného a příruby pro automatickou výměnu efektoru (obr. 49)

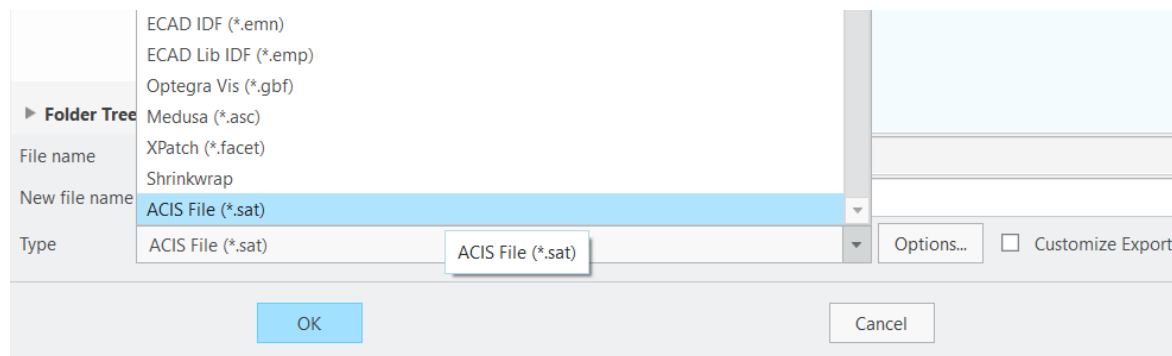


Obr. 49: efektor pro výchozí úlohu

Všechny tyto modely musí být exportovány se specifickém formátu souboru „.sat“. Jedná se o přenositelný formát CAD souborů, který RS umí zpracovat. Soubory exportujeme z prostředí CREO příkazem „uložit jako“ podle obrázku 50. Formát souboru zvolíme „.sat“ podle obrázku 51. Kvalita všech exportovaných souborů nemusí být, v souvislosti kvalitou konečné simulace, nijak zvlášť nastavována, jelikož se jedná o vektorově definované tvary, a kvalita zobrazení bude řešena až při prezentování simulace.



Obr. 50: export z CREO – „uložit jako“

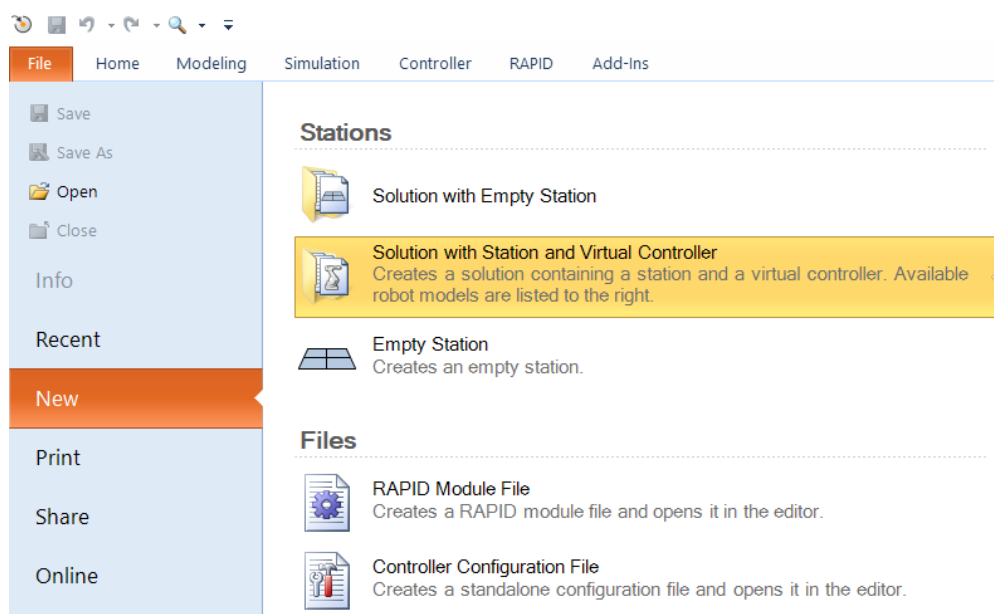


Obr. 51: Export z CREO – formát „.sat“

2.2.2 Prostředí Robotstudio

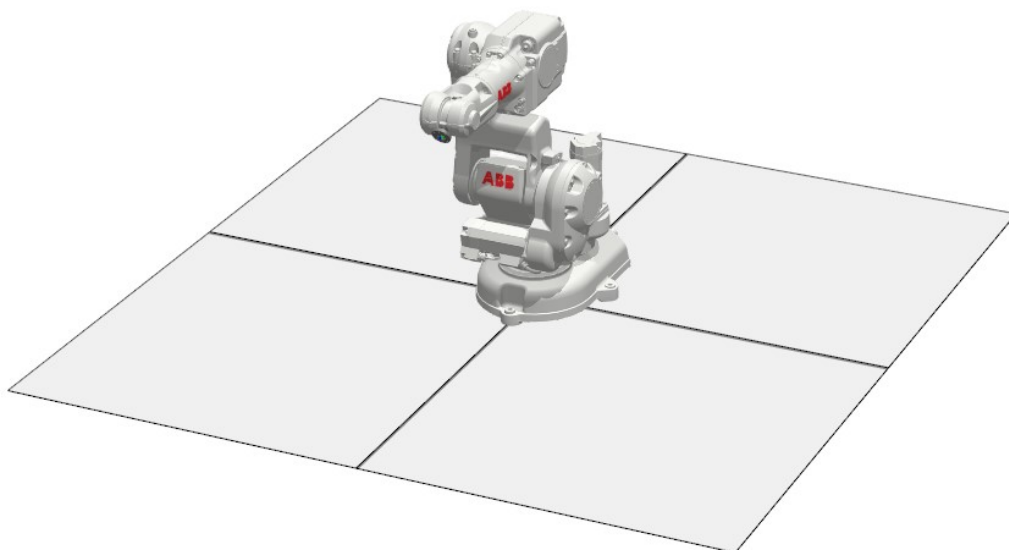
Jak již bylo zmíněno výše, simulace výchozí úlohy je realizována pomocí software RS od společnosti ABB. RS je nástroj (software) pro simulaci a off-line programování, poskytující kompletní digitální zrcadlení reálného zařízení (digitální dvojče).

V tomto programu je po spuštění možnost vytvoření pěti typů řešení (podle obrázku 52). Z nabízených možností byla vybrána možnost řešení se stanicí a virtuálním kontrolérem. V takovém případě se po určité chvíli vytvoří prostředí s vybraným průmyslovým robotem (IRB 140) a načte se virtuální kontrolér příslušného robotu.



Obr. 52: Výběr řešení při spuštění RS

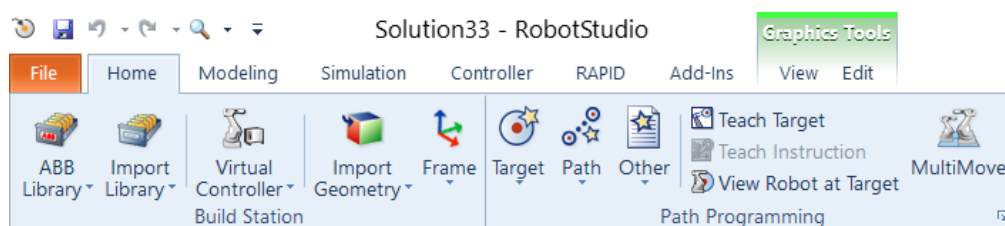
Situace pak bude vypadat podobně jako na obrázku 53. Pozadí se dá nastavit v oddílu graphic tools (grafické nástroje), v nabídce settings (nastavení). Pro lepší adaptabilitu v práci (bílé pozadí) byla ještě doinstalována knihovna „solidbackground“, která nabízí možnost vypnutí gradientního pozadí. Po nastavení bílé barvy jako pozadí je pak možno vytvářet „screenshotty“ z prostředí RS s efektem průsvitného pozadí. V podstatě je ale pozadí tvořeno bílou barvou, stejnou jako je barvapapíru.



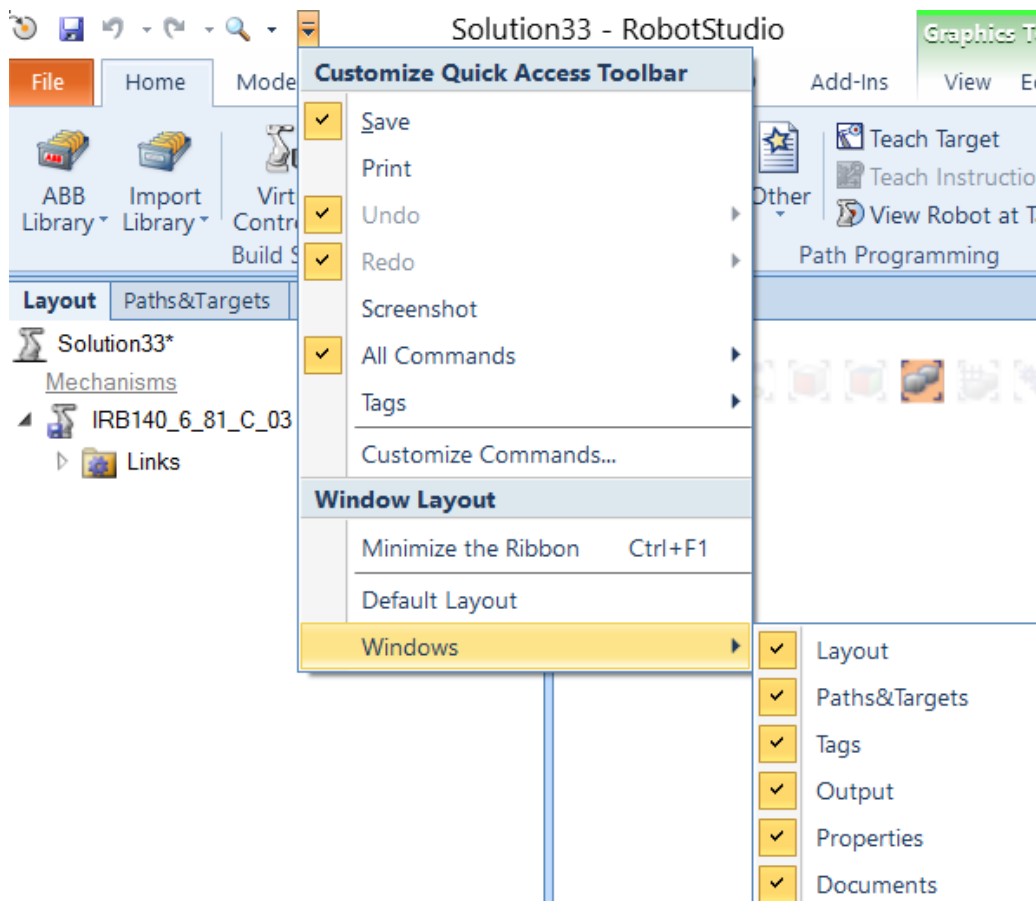
Obr. 53: Stanice s robotem IRB 140

Prostředí ABB je po grafické stránce nápadně podobné, většině z nás dobře známého, tomu v Microsoft Office. To orientaci značně usnadňuje. V horní části se nachází pás karet. Pro první část tvorby simulace, tedy vytváření trajektorie a definování konfigurace robotu, budeme využívat převážně záložku „Home“. Pro tvorbu nástroje využijeme stejnojmennou funkci „creat tool“ v záložce „Modeling“. Pro ovládání a zobrazování simulace slouží karta „Simulation“, „Controller“ pak pro správu virtuálního kontroléru. „RAPID“ záložka nám umožní správu simulace přímo prostřednictvím programovacího jazyku společnosti ABB – Rapidu. Poslední záložka „Add-ins“ nabízí správu doplňků a zásuvných modulů Robotstudia, např. Robotware. Karty jsou znázorněny na obrázku 54.

Důležitým prvkem v orientaci v Robotstudiu jsou „windows“ (okna). Těmi nejdůležitějšími a nejpoužívanějšími jsou okna „Layout“ (vrstvy) a „Path&Targets (cesty a cíle). Stává se, že si tyto záložky nevědomky zavřeme. Snadno je pak zobrazíme rozkliknutím šipky a zaškrtnutím viditelnosti dle obrázku 55.



Obr. 54: Pás karet v RS

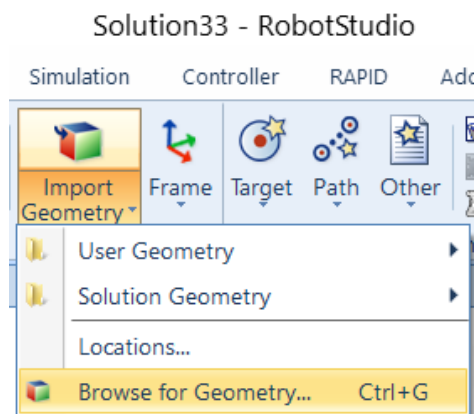


Obr. 55: zobrazení „windows“ (oken)

Jako podrobnější návod k RS může sloužit katedrální skriptum ABB robotsudio – návody.[23] Nejdetailnější souhrn informací nabízí příručka robotstudia přímo od společnosti ABB.[22] V této práci jsou popsány pouze funkce použité při realizaci simulovaných úloh.

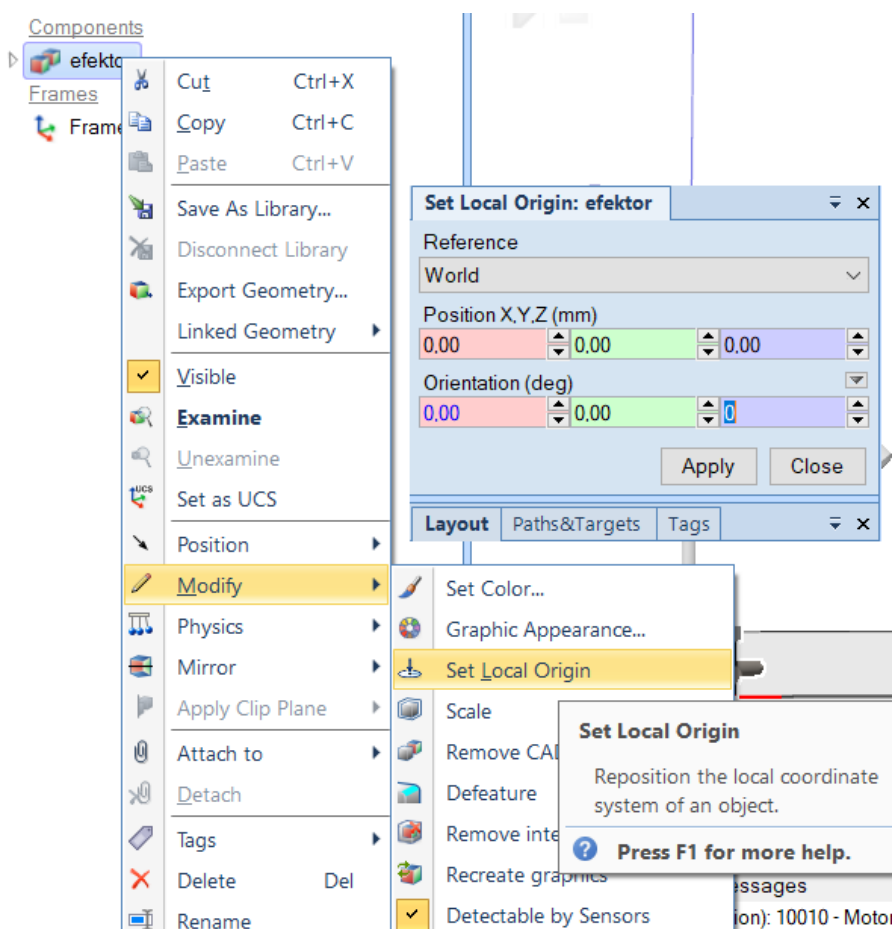
2.2.3 Import modelů

Import modelů se realizuje pomocí nabídky „Import geometry“. Kliknutím na ikonu „Import geometry“ (obrázek) vybereme z nabídky „browse for geometry“ a vybereme již dříve připravené soubory ve formátu „.sat“.(obr. 56)



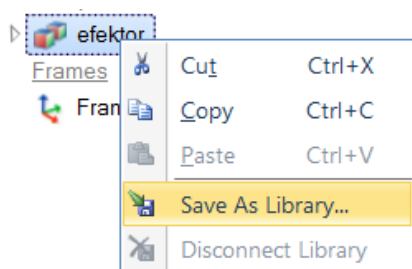
Obr. 56: Importování geometrie

Takto importovanou geometrii je třeba umístit vzhledem souřadnému systému stanice pomocí příkazu „Set position“ tak, aby se dosáhlo požadovaného umístění objektu. Toto umístění se následně anuluje pomocí příkazu „Set local origin“ (obr. 57) a pozice importované geometrie se nastaví vůči souřadnému systému stanice. Hodnoty v tabulce se nastaví na 0.(obr.58)



Obr. 57: Nastavení závislosti souřadných systémů

Takto umístěnou geometrii je poté možné uložit do vlastní knihovny, a v případě budoucí potřeby použití těchto prvků ji jednoduše načíst bez potřeby dalšího umisťování, nebo minima úprav. Toto se provádí kliknutím pravým tlačítkem myši na prvek v okně „Layout“ a vybráním možnosti „Save as library“. V případě potřeby editace prvku je potřeba ve stejné nabídce vybrat možnost „disconnect library“ (obr. 58), a prvek tak z knihovny, třeba dočasně, odpojit.



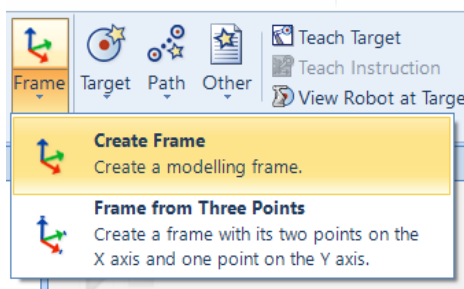
Obr. 58: uložení knihovny a její odpojení

Při simulaci výchozí úlohy byly importovány dva prvky (geometrie). Prvním z nich je samotná robotizovaná buňka bez robotu, druhým pak sestava pracovního nástroje. Tím je zde popisovač již sestavený s přírubou pro automatickou výměnu efektorů (obr.50). Tato sestava popisovače je následně modifikována a je z ní vytvořen pracovní nástroj. To je popsáno v následující kapitole.

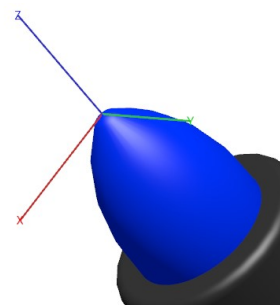
2.2.4 Tvorba nástroje

Pro tuto aplikaci je vytvořen nástroj sestavy příruby pro automatickou výměnu efektoru a samotného popisovače připojeného ke konzoli automatické výměny efektoru. (obr. 50), který je ještě před simulací „ručně“ připojen k robotu. Vytvoření nástroje v RS se provádí v záložce „Modeling“ pomocí příkazu „Create Tool“ v oddílu „Mechanism“ (obrázek 61).

Před samotným procesem tvorby nástroje je nutné mít dobře umístěnou geometrii prvku vzhledem ke globálnímu souřadnému systému. To je důležité s ohledem na umístění a orientaci připojení tohoto nástroje k samotnému robotu. Lokální souřadný systém prvku se automaticky umístí po připojení na souřadný systém interface robotu. Dále je nutné vytvořit souřadný systém („frame“) v pracovním bodu nástroje (obr. 59), a to tak, že osa z směřuje kolmo k pracovní rovině (obr. 60). To se provede příkazem „set normal to surface“ po kliknutí pravým tlačítkem myši na samotný souřadný systém.

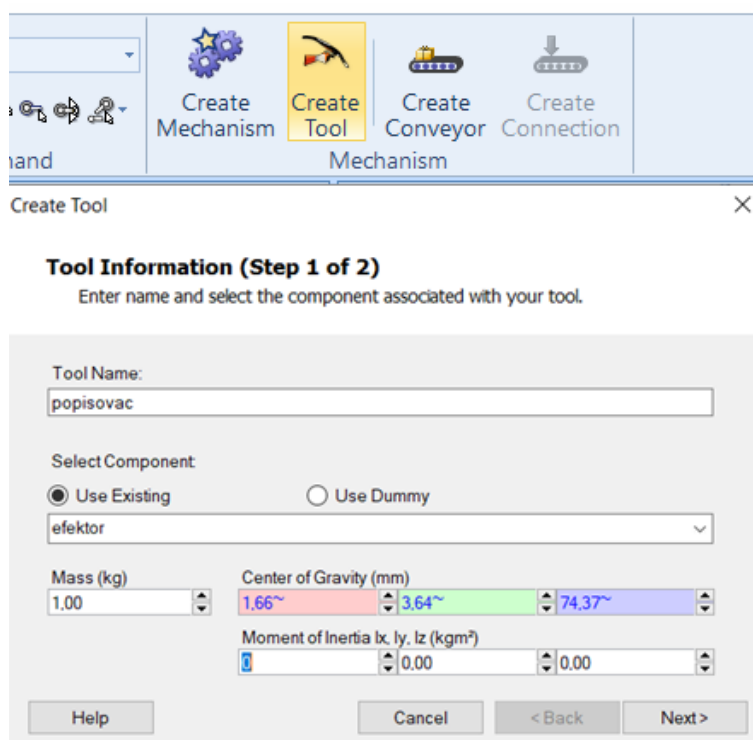


Obr. 59: uložení knihovny a její ní



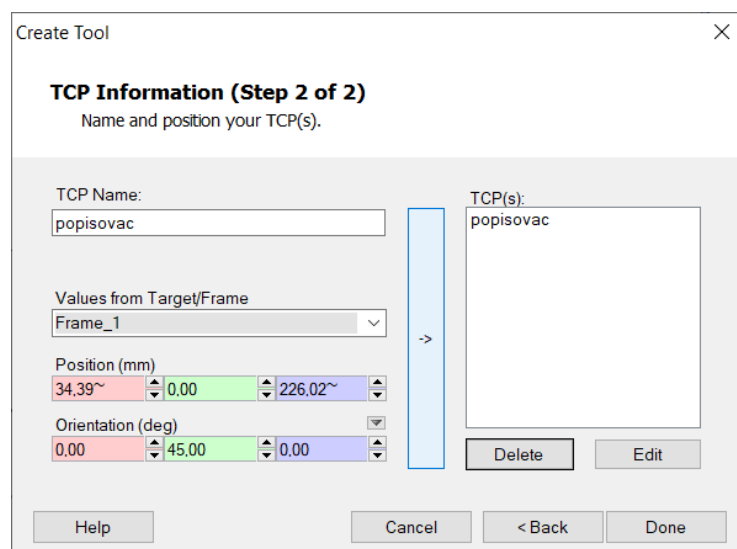
Obr. 60: umístění souřadného systému v nástroji

Samotný proces pak proběhne výběrem výše uvedeného nástroje „Creat tool“. V dialogovém okně se vybere možnost „use existing“ a zvolí se příslušná geometrie. Nastaví se hmotnost v kilogramech nejlépe odečtená z CREO a doplní se souřadnice těžiště. To lze nastavit i kliknutím do jednoho z polí souřadnic a následného kliknutí do prostoru nástroje. (obr. 62). Všechny souřadnice se vyplní. Pokračuje se na další krok.



Obr. 61: tvorba nástroje – první krok

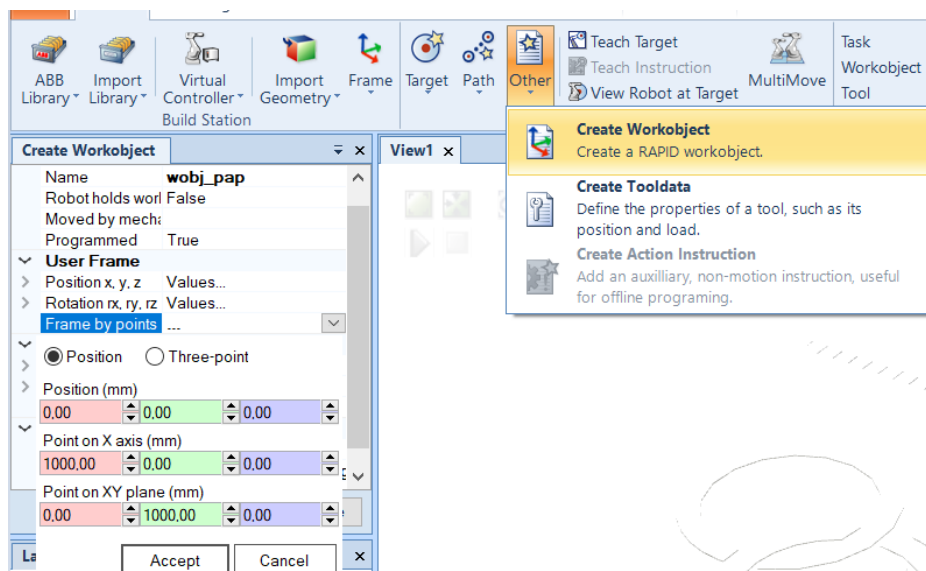
Ve druhém kroku se zvolí souřadný systém pro pracovní bod, který byl již vytvořen. Potvrzením tlačítkem „Done“ se nástroj vytvoří. (obr. 63) Je dobré jej hned uložit do knihovny.



Obr. 62: tvorba nástroje – druhý krok

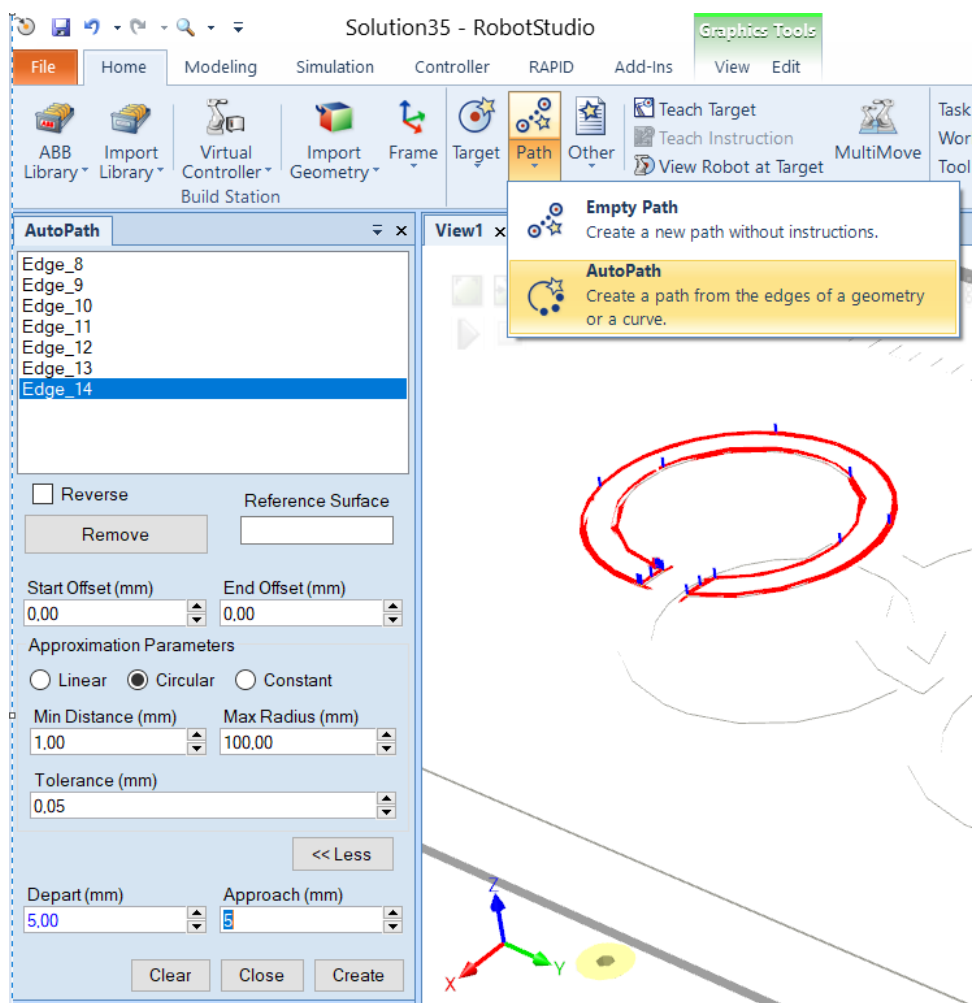
2.2.5 Vytváření trajektorie

Po ustavení všech prvků pracoviště včetně robotu lze přejít k tvorbě trajektorie robotu. Prvním krokem je vytvoření lokálního souřadného systému - „workobjectu“. Ten je vytvořen pomocí „Create Workobject“ v nabídce „Other“ (obr. 63). Je dobré jej pojmenovat a definovat jeho počátek a orientaci podle obrázku. Tento byl umístěn do rohu papíru pomocí počátečního bodu a dvou hran definujících osy „x“ a „y“



Obr. 63: tvorba workobject

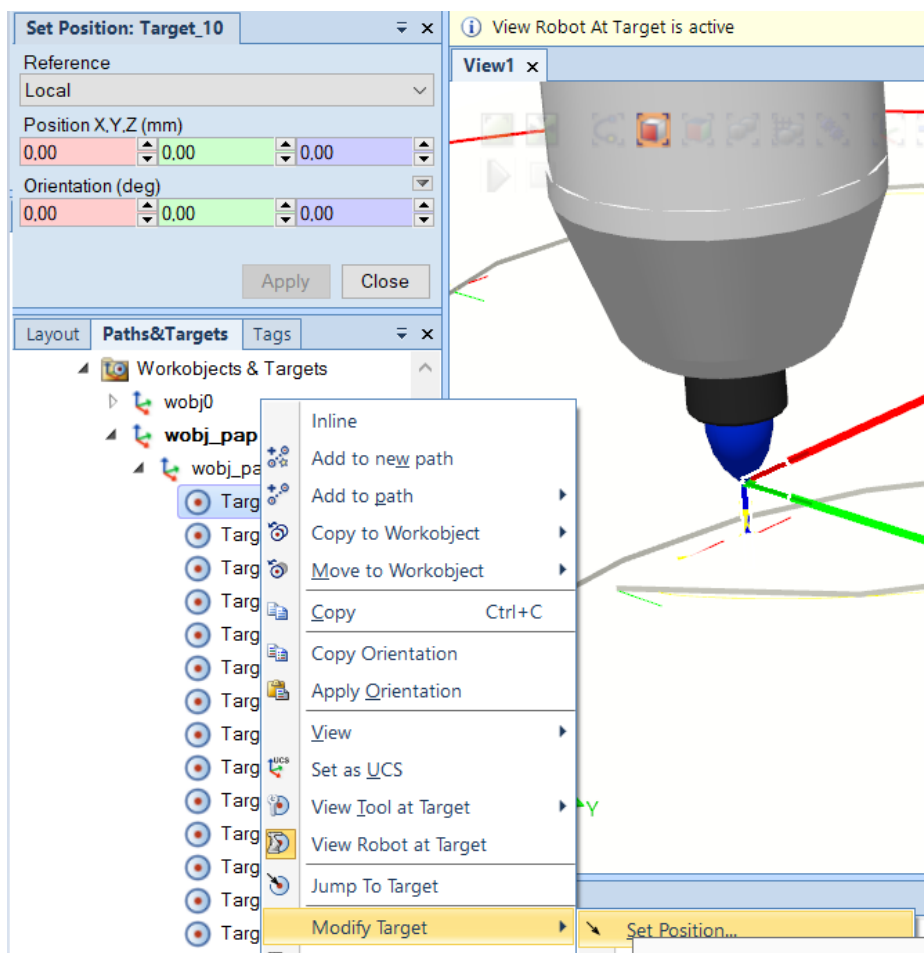
Trajektorie je vytvořena pomocí nástroje „Autopath“, který je schopen vytvořit použitelnou trajektorii za spoluúčasti programátora, který definuje parametry trajektorie. Trajektorie je zde vytvořena označením příslušné hrany objektu a stisknutím klávesy SHIFT. Tím se vyberou všechny hrany uzavřené cesty. V tomto případě se jedná převážně o kruhový pohyb, proto je nastaven parametr „Circular“ (obr. 64). V nabídce „More“, která je na obrázku 64 reprezentována tlačítkem „Less“ lze nastavit přibližující i odjížděcí bod, kam se případně robot navede zvýšenou rychlostí. Tlačítkem „Create“ se trajektorie vytvoří.



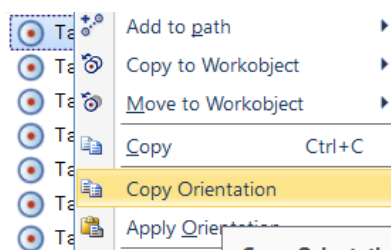
Obr. 64: tvorba trajektorie

Druhou a nezbytnou procedurou tvorby trajektorie je nastavení orientace pracovního nástroje, následná kontrola dosažitelnosti robotu, respektive pracovního nástroje, vytvořených bodů na trajektorii, a konfigurace os robotu pro dosažení požadované trajektorie a orientace.

Prvním úkonem je nastavení orientace pracovního nástroje. V nabídce cílů („Workobject&Targets“) zvolíme konkrétní cíl a nastavíme orientaci pracovního nástroje. Nejlépe tak, že osa „z“ směřuje směrem do podlahy. (obr. 65). Zvolenou orientaci následně zkopírujeme do všech ostatních cílů pomocí příkazu „Copy Orientation“ a následným vložením do všech označených cílů příkazem „Apply orientation“. (obr. 66)

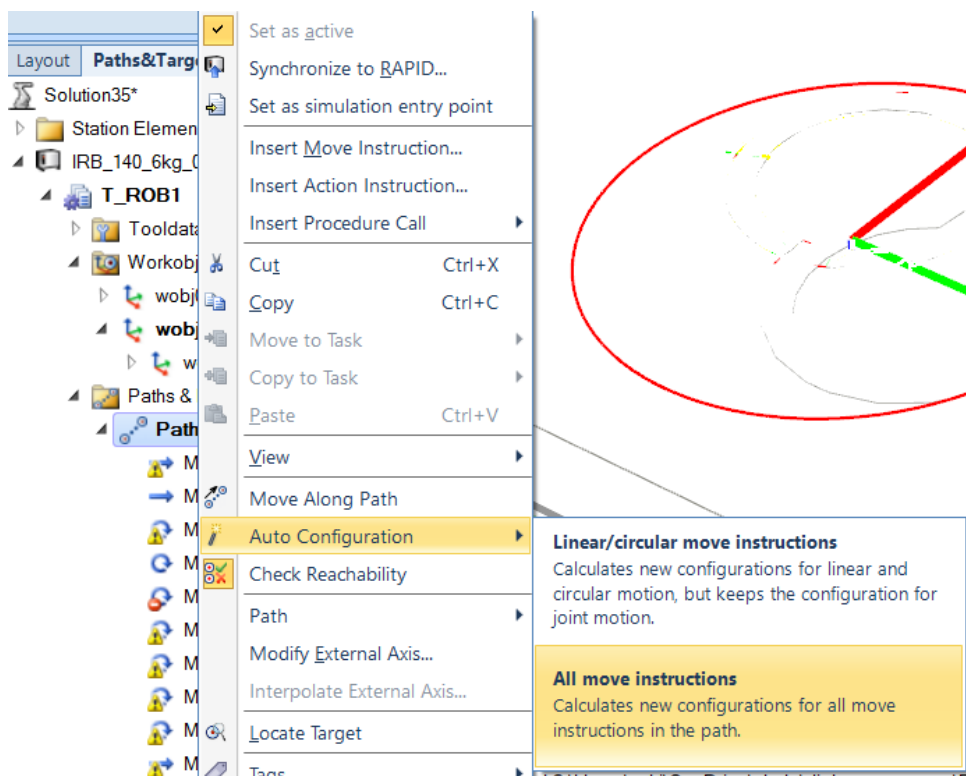


Obr. 65: orientace nástroje



Obr. 66: kopírování orientace

Posledním krokem je konfigurace os robotu. Tu provedeme příkazem „All move instructions“ v nabídce „Auto Configuration“. Tu otevřeme kliknutím pravým tlačítkem myši na danou cestu ve složce „Path&Procedures“ podle obrázku 67. V případě potřeby je konfiguraci možno nastavit ručně v seznamu cílů obdobně jako v případě nastavení orientace nástroje. U všech instrukcí lze nastavit již v tomto prostředí nastavovat rychlost robotu a zónu přesnosti.



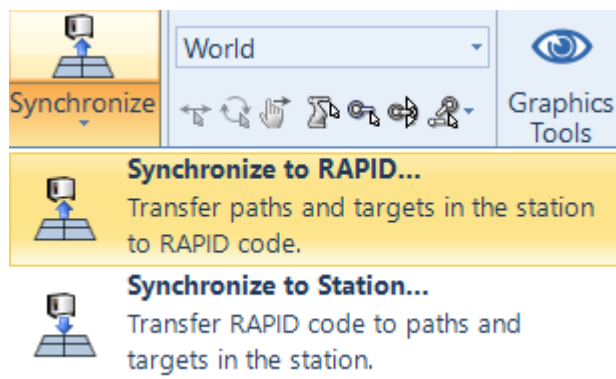
Obr. 67: konfigurace os

Takto jsou vytvořeny všechny cesty požadovaného logotypu. Ty jsou ještě modifikovány tak, že první a poslední cíl jsou změněny na „MoveJ“ instrukci. Zároveň je vytvořena ručně i cesta s názvem „main“, která se automaticky stane hlavní procedurou celé simulace.

Do procedury „main“ je vložena na začátek a konec výchozí pozice, pojmenovává „jthome“, do které se robot dostane. Jedná se o cíl typu „Joint target“, a vytvoří se tak, že všem osám robotu je předepsán nulový úhel. Je tak celkem jednoduchým řešením zajištěno, že robot začne i skončí proceduru ve stejné pozici.

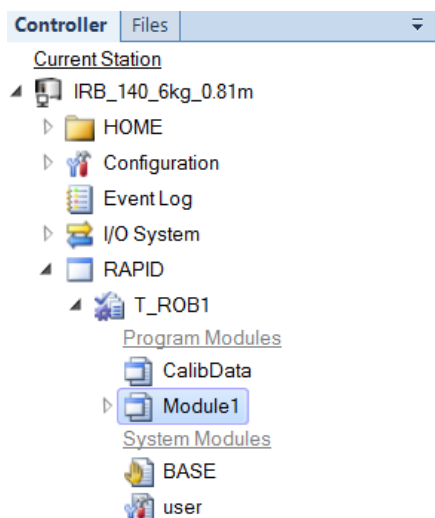
2.2.6 RAPID program

Prostředí RAPID je jakýmsi samostatným světem v rámci RS, kde lze vytvářet kód programu, a upravovat či tvořit simulaci. Do tohoto prostředí lze vstoupit kliknutím na záložku „RAPID“ v pásu karet. Nejprve je ale užitečné do RAPID importovat veškerá data vytvořená v grafickém prostředí. To je provede příkazem „Synchronize“ a vybranou podmožností „Synchronize to RAPID“ jako na obrázku 68.



Obr. 68: Synchronizace do RAPID

V RAPIDu je možno vidět a editovat textový kód. Ten lze otevřít kliknutím na „Module1“ v podúrovni „T_ROB1“ složky „RAPID“ v konkrétním kontroléru. Celý strom se nachází v záložce „Controller“. (obr. 69).



Obr. 69: cesta k textovému editoru kódu

Samotný kód pro simulaci se skládá z již zmíněné hlavní procedury „main“ a dílčích procedur s označením „path_x“, kde x reprezentuje automaticky generované číslo

(násobek 10). Každá z těchto dílčích procedur řídí trajektorii pohybu pro každou dílčí uzavřenou cestu logotypu. Na obrázku 70 lze vidět proceduru „main“ této výchozí simulace, na obrázku 71 pak dílčí proceduru „path_10“.

```

161 PROC main()
162     SetAO AO_barva,1;
163     SetDO DO_kreslit,0;
164     MoveAbsJ jt_home,v1000,z1,popisovac_modry\WObj:=wobj_pap;
165     Path_10;
166     Path_20;
167     Path_30;
168     Path_40;
169     Path_50;
170     Path_60;
171     Path_70;
172     Path_80;
173     MoveAbsJ jt_home,v1000,z1,popisovac_modry\WObj:=wobj_pap;
174 ENDPROC

```

Obr. 70: procedura „main“

```

176 PROC Path_10()
177     MoveJ Target_10,v1000,z0,popisovac_modry\WObj:=wobj_pap;
178     WaitTime\InPos,0.1;
179     SetDO DO_kreslit,0;
180     MoveL Target_20,v1000,z0,popisovac_modry\WObj:=wobj_pap;
181     WaitTime\InPos,0.1;
182     SetDO DO_kreslit,1;
183     MoveC Target_30,Target_40,v1000,z0,popisovac_modry\WObj:=wobj_pap;
184     MoveC Target_50,Target_60,v1000,z0,popisovac_modry\WObj:=wobj_pap;
185     WaitTime\InPos,0.1;
186     MoveC Target_70,Target_80,v1000,z0,popisovac_modry\WObj:=wobj_pap;
187     WaitTime\InPos,0.1;
188     MoveC Target_90,Target_100,v1000,z0,popisovac_modry\WObj:=wobj_pap;
189     MoveC Target_110,Target_120,v1000,z0,popisovac_modry\WObj:=wobj_pap;
190     MoveL Target_130,v1000,z0,popisovac_modry\WObj:=wobj_pap;
191     WaitTime\InPos,0.1;
192     MoveC Target_140,Target_150,v1000,z0,popisovac_modry\WObj:=wobj_pap;
193     WaitTime\InPos,0.1;
194     MoveL Target_160,v1000,z0,popisovac_modry\WObj:=wobj_pap;
195     MoveL Target_170,v1000,z0,popisovac_modry\WObj:=wobj_pap;
196     WaitTime\InPos,0.1;
197     SetDO DO_kreslit,0;
198     MoveL Target_180,v1000,z0,popisovac_modry\WObj:=wobj_pap;
199     WaitTime\InPos,0.1;
200 ENDPROC

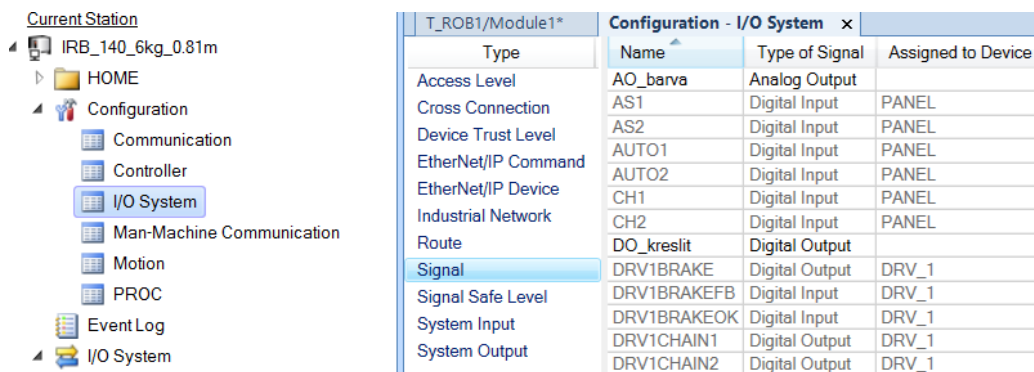
```

Obr. 71: procedura „Path_10“

Po úpravě kódu v prostředí RAPID je zapotřebí nahrát upravený kód zpět do stanice pomocí příkazu „Synchronize to station“ podle obrázku 68.

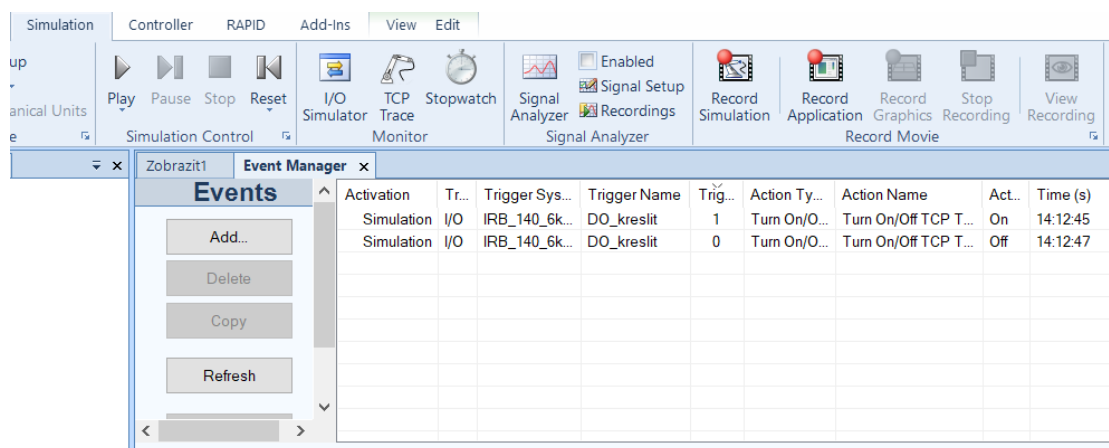
2.2.7 Vytváření stopy popisovače

Při vytváření stopy popisovače byla využita funkce RS „TCP Trace“. K automatickému spouštění této funkce nezávisle na ovládacím panelu „TCP Trace“ v modulu „Simulation“ byl vytvořen signál typu digitální výstup. Správu signálů lze nalézt v oddílu „Controller“ v horním pásu karet. Ve stromu kontroléru ve složce „Configuration“ v oddílu „I/O Systém“ pod položkou „Signal“ lze signály spravovat (obr. 72).



Obr. 72: správa signálů

K tomuto signálu byly přiřazeny události pro hodnoty signálu 0 a 1. Pro hodnotu signálu 0 byla nastavena událost „Turn On/Off TCP Trace“ s akcí „Off“ a pro signál 1 byla nastavena událost „Turn On/Off TCP Trace“ s akcí „On“. Správce událostí „Events manager“ se spustí rozkliknutím šipky v pravém dolním rohu v záložce „Simulation“ (obr. 73). Použití signálu je vidět v kódu na obrázku 70 a 71.

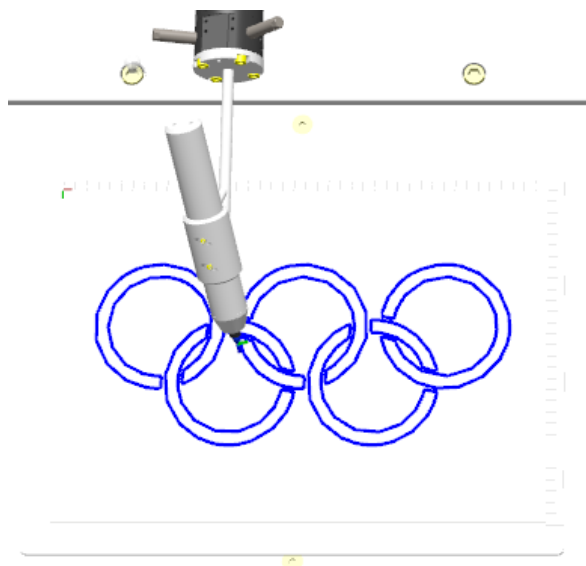


Obr. 73: správa signálů

2.2.8 Ladění programu

Ladění programu probíhalo na základě trajektorie vytvořené v simulaci. Vzhledem k nepřesným průjezdům bodů, a z toho pramenící nevěrohodné grafické prezentaci logotypu byla v bodech ostrých změn trajektorie (rohy) nastavena zpoždění v pozici v řádek stovek milisekund (obr. 71). To vedlo k přesným dojezdům koncového bodu nástroje a vytvoření tak věrohodné stopy popisovače dle grafické předlohy.

Zároveň byla tato zpoždění nastavena i po změnách hodnot signálu ovládajícího spouštění zaznamenávání trasy. Důvodem tomuto byla zpoždění, nebo zcela chybné spouštění funkce „TCP Trace“. Tímto byl problém chybně reprezentované stopy popisovače. Simulace pak proběhla se solidním výstupem (obr. 74)



Obr. 74: Výsledek simulace výchozí úlohy

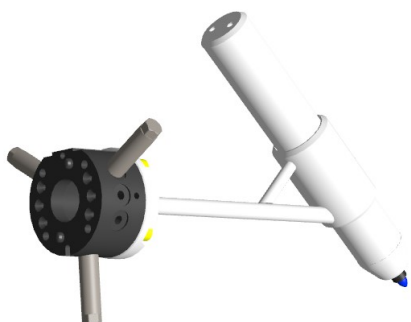
2.3 Simulace virtuální úlohy

V této kapitole je popsán postup při přípravě budoucí virtuální úlohy, konkrétně její simulaci v RS. Jedná se o podobnou úlohu jako v předchozí kapitole. Kruhy zde jsou ovšem barevné a bude zde prezentována automatická výměna efektorů.

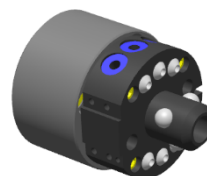
2.3.1 Příprava 3D dat z prostředí CREO

Postup přípravy 3D dat je obdobný jako v kapitole 2.2.1. Na rozdíl od první úlohy je ale samostatně exportován model příruby. Dále bylo připraveno pět sestav fixů

s rozdílnými barvami (dle barvy olympijských kruhů) a konzolou pro automatickou výměnu efektoru. Samotná buňka byla vybavena druhým stojanem pro automatickou výměnu, jako na obrázku 46. Samozřejmě bez robotu. Všechny tyto modely byly opět exportovány ve formátu „sat“. Na obrázku 75 je vidět samostatná sestava popisovače, na dalším (76) pak příruba pro automatickou výměnu efektoru.



Obr. 75: sestava popisovače

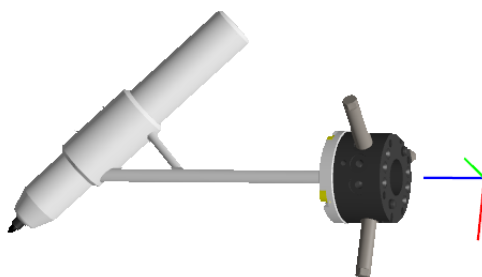


Obr. 76: příruba pro výměnu efektoru

2.3.2 Import modelů a tvorba nástroje

Stejným způsobem jako v kapitole 2.2.2 jsou importovány modely. Výuková buňka, doplněná o stojan, je umístěna identicky včetně nastavení jejího lokálního souřadného systému. Lokální souřadný systém příruby je rovněž sjednocen jako v případě původní sestavy popisovače, tedy tak, aby došlo k přesnému spojení s robotem.

Na rozdíl od předchozích prvků je souřadný systém sestavy popisovače umístěn s posunutím v ose „z“ o délku příruby. Příruba se sice připojí na samotný robot, ale bude sloužit jen jako mrtvá geometrie. Je tomu z důvodu realizace automatické výměny efektoru. Nástrojem bude v této aplikaci vždy jeden z pěti barevných popisovačů (obr. 77)



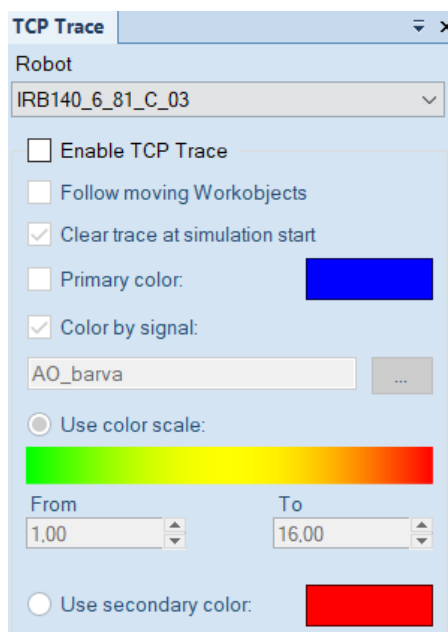
Obr. 77: posunutý lokální systém popisovače

Pro všechny importované sestavy barevných fixů, správně orientovaných, bylo možné využít, jeden souřadný systém pro tvorbu nástroje. Všechny tyto vytvořené nástroje byly rozmístěny do stojanů pro automatickou výměnu efektorů. Toto bylo řešeno přesným rozmístěním nástrojů v prostředí CREO a následným měřením v CREO pomocí nástroje měření transformace souřadných systémů. Naměřené hodnoty pak byly využity k rozmístění modelů v RS.

2.3.3 Vytváření trajektorie a stopy popisovače

Trajektorie potřebné pro realizaci této úlohy byly vytvořeny již v původní simulaci. Jelikož se křivky, resp. geometrie, kresleného logotypu nemění, budou již vytvořené trajektorie (procedury) použity i pro simulaci s kruhy barevnými.

Rozdílné jsou ale barvy jednotlivých uzavřených cest. K tomu, aby bylo možné realizovat popis papíru více barvami, byla zvolena cesta použití více popisovačů (fixů). Ty jsou umístěny ve stojanech a budou vždy připojeny k robotu podle potřeby kreslení konkrétní barvou. Pro rozdílné barevné rozlišení byla využito barevné spektrum ve funkci „TCP Trace“. Omezením je zde ovšem absence celého barevného spektra. Jsou zde zastoupeny pouze barvy od červené přes žlutou až po zelenou (obr. 78).



Obr. 78: barevná škála „TCP Trace“

Barva stopy se mění podle signálu, který je pro tento účel vytvořen. Vzhledem k tomu, že signál bude nabývat několika různých hodnot, jedná se o signál analogový, tedy typu „analog output“. Jak je vidět na obrázku, byl pro něj vytvořen název AO_barva. V součinnosti s již dříve vytvořeným signálem DO_kreslit, který zapíná a vypíná sledování trajektorie, se realizuje vytvoření efektu kreslení různobarevných kruhů. Žádnou událost (event) tak není třeba pro signál AO_barva vytvořit.

Výše zmíněný problém s úzkým spektrem barev byl vyřešen náhradou chybějících barev za jiné barevné odstíny na dostupné stupnici. Černá byla nahrazena oranžovou a modrá zelenožlutou. Krajní hodnoty barevného spektra byly nastaveny na hodnoty 1 a 16. Zelené barvě byla přiřazena hodnota signálu 1, žluté 8, červené 16, modré(žlutozelené) 4 a černé (oranžové) 12.

2.3.4 Výměna efektoru a ladění programu

Pro výměnu každého z efektorů byly vytvořeny samostatné procedury pro odpojení a připojení efektoru. Celkem tedy 10 procedur. Zároveň bylo vytvořeno dalších 11 signálů. Signál pro připojení a odpojení efektoru každého popisovače a signál pro obnovení pozic všech efektorů po proběhnutí simulace (obr. 79)

T_ROB1/Module1		Configuration - I/O System x	
Type	Name ^	Type of Signal	Assigned to Device
Access Level	AO_barva	Analog Output	
Cross Connection	AS1	Digital Input	PANEL
Device Trust Level	AS2	Digital Input	PANEL
EtherNet/IP Command	AUTO1	Digital Input	PANEL
EtherNet/IP Device	AUTO2	Digital Input	PANEL
Industrial Network	CH1	Digital Input	PANEL
Route	CH2	Digital Input	PANEL
Signal	DO_kreslit	Digital Output	
Signal Safe Level	DO_o_cerny	Digital Output	
System Input	DO_o_cerveny	Digital Output	
System Output	DO_o_modry	Digital Output	
	DO_o_zeleny	Digital Output	
	DO_o_zluty	Digital Output	
	DO_p_cerny	Digital Output	
	DO_p_cerveny	Digital Output	
	DO_p_modry	Digital Output	
	DO_p_zeleny	Digital Output	
	DO_p_zluty	Digital Output	
	DO_reset	Digital Output	

Obr. 79: výměna efektorů-signály

Vytvořeny byly také události pro jednotlivé signály. Pro připojení/odpojení efektoru k robotu byl využit „event“ „Attach/Detach Object“. Pojmenovány byly podle barvy popisovače a písmenem o/p v závislosti na funkci připojit či odpojit. (obr. 80) Pro signál „DO_reset“ byly vytvořeny události pro nastavení výchozí pozice všech efektorů. (obr. 80)

Activation	Tri...	Trigger Sys...	Trigger Name	Action Type	Action Name	Action Parameter
On	I/O	IRB_140_6k...	DO_p_cerny	Attach Object	Attach Object	IRB140_6_81_C_03 -> fix_cerny
On	I/O	IRB_140_6k...	DO_reset	Move Object	Move Object	fix_cerny
On	I/O	IRB_140_6k...	DO_reset	Move Object	Move Object	fix_cerveny
On	I/O	IRB_140_6k...	DO_reset	Move Object	Move Object	fix_modry
On	I/O	IRB_140_6k...	DO_reset	Move Object	Move Object	fix_zeleny
On	I/O	IRB_140_6k...	DO_reset	Move Object	Move Object	fix_zluty
On	I/O	IRB_140_6k...	DO_o_cerny	Detach Object	Detach Object	IRB140_6_81_C_03 <- fix_cerny
On	I/O	IRB_140_6k...	DO_p_modry	Attach Object	Attach Object	IRB140_6_81_C_03 -> fix_modry
On	I/O	IRB_140_6k...	DO_o_modry	Detach Object	Detach Object	IRB140_6_81_C_03 <- fix_modry
On	I/O	IRB_140_6k...	DO_p_cerveny	Attach Object	Attach Object	IRB140_6_81_C_03 -> fix_cerveny
On	I/O	IRB_140_6k...	DO_o_cerveny	Detach Object	Detach Object	IRB140_6_81_C_03 <- fix_cerveny
On	I/O	IRB_140_6k...	DO_o_zluty	Detach Object	Detach Object	IRB140_6_81_C_03 <- fix_zluty
On	I/O	IRB_140_6k...	DO_p_zluty	Attach Object	Attach Object	IRB140_6_81_C_03 -> fix_zluty
On	I/O	IRB_140_6k...	DO_p_zeleny	Attach Object	Attach Object	IRB140_6_81_C_03 -> fix_zeleny
On	I/O	IRB_140_6k...	DO_o_zeleny	Detach Object	Detach Object	IRB140_6_81_C_03 <- fix_zeleny
Simulation	I/O	IRB_140_6k...	DO_kreslit	Turn On/Off TCP Tr...	Turn On/Off TCP T...	Off
Simulation	I/O	IRB_140_6k...	DO_kreslit	Turn On/Off TCP Tr...	Turn On/Off TCP T...	On

Obr. 80: „events“ pro jednotlivé signály

Dílejší procedury připojování a odpojování jednotlivých efektorů byly postupně laděny s ohledem na možné kolize s vybavením buňky a byly doplněny zpožděními z důvodu zajištění prodlevy k secvaknutí efektoru a příruby, a také kvůli bezpečným průjezdům. Na obrázku 81 je vidět procedura připojení jednoho z barevných fixů, na obrázku 83 procedura odpojení.

```

PROC prip_cerny()
    MoveJ Target_20_2,vmax,z1,tool0\WObj:=wobj_pap;
    WaitTime\InPos,0.2;
    MoveL Target_20,v300,z1,tool0\WObj:=wobj_pap;
    WaitTime\InPos,0.1;
    Set DO_p_cerny;
    WaitTime\InPos,0.2;
    MoveL Target_20_2,v300,z1,tool0\WObj:=wobj_pap;
    MoveJ Target_20_2_2,v1000,z1,tool0\WObj:=wobj_pap;
    MoveJ Target_20_2_2_2,v1000,z1,tool0\WObj:=wobj_pap;
    MoveAbsJ jthome,v1000,z1,tool0\WObj:=wobj_pap;
    WaitTime\InPos,0.2;
ENDPROC

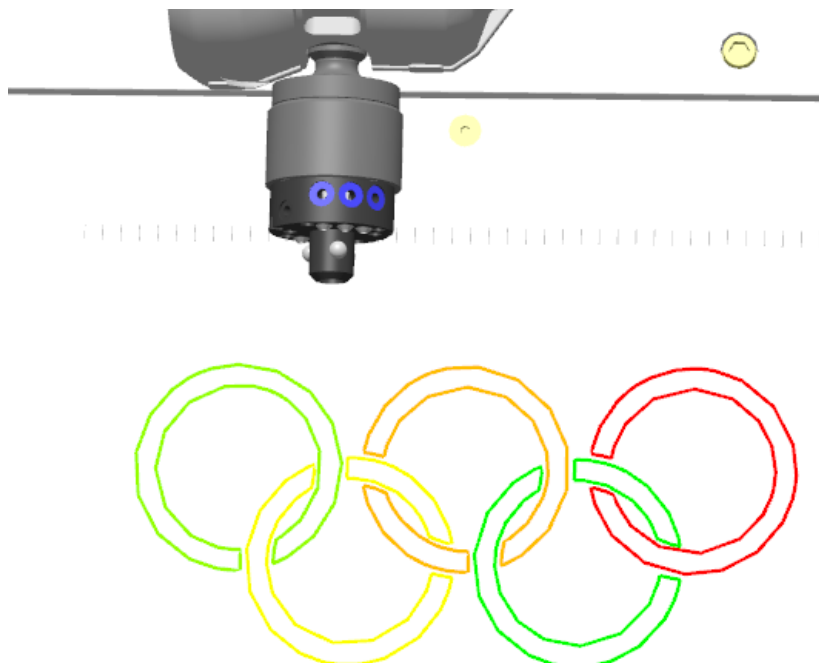
```

Obr. 81: procedura připojení efektoru


```
PROC odp_cerny()  
  MoveAbsJ jthome,vmax,z1,tool0\WObj:=wobj_pap;  
  MoveJ Target_20_2_2_2,v1000,z0,tool0\WObj:=wobj_pap;  
  MoveL Target_20_2_2,v1000,z0,tool0\WObj:=wobj_pap;  
  WaitTime\InPos,0.1;  
  MoveL Target_20_2,v300,z0,tool0\WObj:=wobj_pap;  
  MoveL Target_20,v300,fine,tool0\WObj:=wobj_pap;  
  WaitTime\InPos,0.1;  
  Set DO_o_cerny;  
  WaitTime\InPos,0.2;  
  MoveL Target_20_2,v300,z0,tool0\WObj:=wobj_pap;  
  MoveAbsJ jthome,v1000,z1,tool0\WObj:=wobj_pap;  
  WaitTime\InPos,0.2;  
ENDPROC
```

Obr. 82: procedura odpojení efektoru

Následným skládáním těchto dílčích procedur s procedurami z původní simulace, a vkládáním signálů byla vytvořena nová hlavní procedura „main“, která řídí výslednou simulaci. (obr. 84). Výsledek simulace je vidět na obrázku 83.



Obr. 83: procedura připojení efektoru

```
PROC main()
  SetDO DO_kreslit,0;
  Set DO_reset;
  Reset DO_o_cerny;
  Reset DO_p_cerny;
  Reset DO_o_modry;
  Reset DO_p_modry;
  Reset DO_o_zeleny;
  Reset DO_p_zeleny;
  Reset DO_o_zluty;
  Reset DO_p_zluty;
  Reset DO_o_cerveny;
  Reset DO_p_cerveny;
  MoveAbsJ jthome,v1000,z100,tool0\Wobj:=wobj_pap;
  WaitTime\InPos,0.2;
  prip_modry;
  Path_10;
  odp_modry;
  Reset DO_o_modry;
  Reset DO_p_modry;
  prip_zluty;
  Path_20;
  Path_40;
  odp_zluty;
  Reset DO_o_zluty;
  Reset DO_p_zluty;
  prip_cerny;
  Path_30;
  Path_50;
  odp_cerny;
  Reset DO_o_cerny;
  Reset DO_p_cerny;
  prip_zeleny;
  Path_60;
  Path_70;
  odp_zeleny;
  Reset DO_o_zeleny;
  Reset DO_p_zeleny;
  prip_cerveny;
  Path_80;
  odp_cerveny;
  Reset DO_o_cerveny;
  Reset DO_p_cerveny;

ENDPROC
```

Obr. 84: procedura „main“

3 Převod do virtuální reality

Tato kapitola dokumentuje převod realizovaných simulačních úloh vytvořených v předešlé kapitole do prostředí VR.

3.1 Představení soupravy VR

Na základě rešerše provedené v kapitole 1.3., a také dostupnosti této soupravy, jakožto vybavení katedry robotiky VŠB, byla vybrána souprava pro VR HTC Vive (kapitola 1.3.8). Přestože se nejedná o nejnovější model, tak jsou její parametry více než dostačující potřebám prezentace možností jejího využití na robotické buňce.

Headset je dodáván v černomodré krabici s moderním designem. Po rozbalení krabice je k dispozici, kromě nezbytných návodů a plastových úložných prostorů, hardware viditelný na obrázku 85.



Obr. 85: kompletní obsah balení[10]



Obr. 86: Položky balení VR HTC VIVE[10]

Na obrázku 86 je k vidění rozložení jednotlivých hardwarových komponent popsaných písmeny. Pod písmenem A se nacházejí snímací senzory, které jsou napájeny adaptéry (B a C). V krabici D se ukrývají upevňovací konzoly pro snímací senzory s kloubovou aretací. Propojovací link box má písmeno E a organizér pro něj písmeno F. Napájecí adaptér link boxu má písmeno G. USB a HDMI propojení mají písmena H a I. Dále se v balení nachází sluchátka (J), náhradní obličejový polštář (K), hadřík na čištění displejů (L), dokumentace (M), headset (N), ovladače s micro USB kabely (O) a adaptéry pro jejich nabíjení (P).

Samotný headset (obr. 87) disponuje dvěma displeji, každém s rozlišením 1080x1200 pro každé oko. Dále také kameru, vypínač s kontrolkou aktivity, pohybové senzory a relé pro nastavení vzdálenosti optických čoček. Propojovací kabely jsou vyvedeny směrem dozadu k týlu hlavy.



Obr. 87: headset[10]

Základové stanice (obr. 88) emitují infračervené paprsky, které střídavě vertikálně a horizontálně vyplňují herní prostor. Tyto paprsky jsou následně zachycovány snímači (fotodiodami) umístěnými v headsetu a ovladačích. Poloha headsetu a ovladačů je pak určována ze vztahu ke zdrojům infračerveného světla.

V přední části senzorů jsou umístěny IR emitory, kontrolka aktivity a display se zobrazením režimu (mode). V zadní části se nachází (zleva podle obrázku 88) konektor napájení, tlačítko pro volbu režimu, konektor synchronizačního kabelu a microUSB port.



Obr. 88: snímací senzory[10]

Další podstatnou součástí jsou ovladače (controllers). Ovladače (obr. 89) obsahují akumulátor, takže fungují bezdrátově. Jsou v nich obsaženy senzory pohybu. K ovládání slouží velké kruhové tlačítko („trackpad“). Nad ním se nachází tlačítko „menu“ a pod ním tlačítko „system“, kterým se také ovladače zapínají či probouzejí. Po stranách jsou umístěna tlačítka „Grip“ a zespodu pro použití ukazováčkem tzv. spoušť („trigger“).



Obr. 89: ovladač[10]

Neméně důležitou komponentou je propojovací box („link box“). Ten slouží k propojení headsetu VR s počítačem. Je napájen pomocí přiloženého adaptéru. Z jedné strany (na obr. 90 žlutá barva zástrček), jsou k dispozici konektory pro připojení k headsetu. Tedy HDMI, USB a napájení. Z druhé strany (obr. 90) se nachází konektory pro připojení VR k počítači. Je to konektor pro napájení, konektor USB, mini DP (volitelné zapojení), a HDMI.



Obr. 90: propojovací box[10]

3.2 Zprovoznění VR

V této kapitole je popsán postup zprovoznění vybraného zařízení umožňující zprostředkování virtuální reality na pracovišti umístěném na centru robotiky VŠB.

3.2.1 PC stanice

I přesto, že se nejedná o nejnovější model headsetu pro VR, je jeho provoz značně náročný s ohledem na hardwarové požadavky PC stanice. První pokus instalace software na osobní notebook byl neúspěšný. Po upozorněních instalačního průvodce o možných problémech vzniklých při instalaci na přenosná zařízení, bylo rozhodnuto o instalaci na starší desktopové PC. VR se podařilo použitelně zprovoznit pouze mimo prostředí RS. Až následná instalace na PC sestavu s lepší, než doporučovanou konfigurací umožnila bezproblémový chod VR. Minimální a doporučené požadavky jsou uvedeny v tabulce 11. Prakticky (odzkoušeno), lze za určitých podmínek vystačit i se slabší sestavou, nicméně k bezproblémovému fungování je vhodné VR realizovat na hardwaru odpovídajícímu doporučením výrobce.

komponenta	doporučené systémové požadavky	minimální systémové požadavky
procesor	Intel Core i5-4590/AMD FX 8350 rovnocenný nebo lepší	Intel Core i5-4590/AMD FX 8350 rovnocenný nebo lepší
grafická karta	NVIDIA GeForce GTX 1060, AMD Radeon RX 480 rovnocenná nebo lepší	NVIDIA GeForce GTX 970, AMD Radeon R9 290 rovnocenná nebo lepší
paměť	4 GB RAM nebo více	4 GB RAM nebo více
video výstup	HDMI 1.4, DisplayPort 1.2 nebo novější	HDMI 1.4, DisplayPort 1.2 nebo novější
USB port	1x USB 2.0 nebo novější	1x USB 2.0 nebo novější
operační systém	Windows 7 SP1, Windows 8.1, Windows 10	Windows 7 SP1, Windows 8.1, Windows 10

Tabulka 11: systémové požadavky HTC Vive[11]

Na realizace potřebných prezentací byla využita PC sestava s procesorem AMD RYZEN 5 3600, grafickou kartou NVIDIA GTX 1660 Super a 16 GB DDR4 operační paměti. Operační systém je zde Microsoft Windows 10. Grafická karta je vybavena 3x DisplayPort výstupem a 1x HDMI výstupem.

3.2.2 Příprava prostoru

Důležitým prvkem pro VR je „herní“ prostor. Tedy prostor, ve kterém bude VR provozována. Ta by podle výrobce setu měla být ne menší než 1,5x2 metry. Maximálně pak 5x5 metrů. Pro tuto realizaci byl zvolen prostor mezi reálnými buňkami na Centru robotiky VŠB (obr. 91). Ačkoliv se jedná o prostor o rozměrech cca 3,5x2 metry, systém jej později identifikuje jako 2,5x1,6.



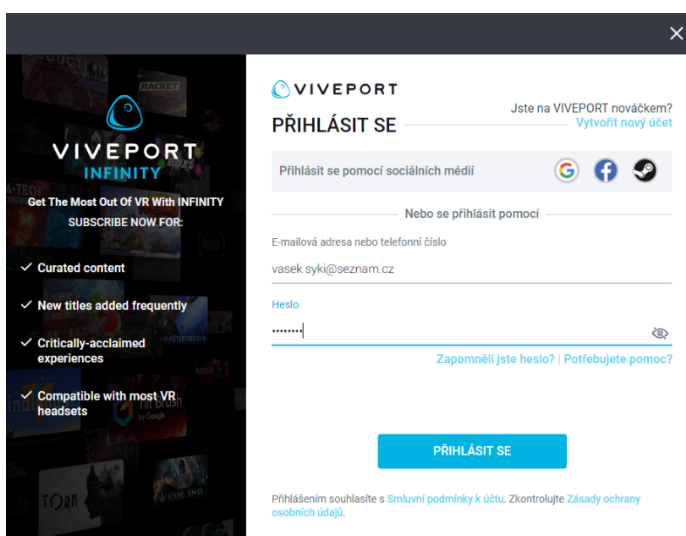
Obr. 91: prostor pro VR („herní prostor“)

Ve zvoleném prostoru by se neměly nacházet žádné překážky a nad hlavou by měl být volný prostor. Pro umístění snímacích zařízení byly zvoleny horní rámy výukových buněk. Ty jsou umístěny ve výšce 2,15 m od podlahy (výrobce doporučuje nejméně 2 metry). Zároveň jsou pomocí aretačního zařízení naklopeny pod úhlem v rozmezí 30°-45°, tak jak uvádí návod. Posledním úkolem je připojení napájení k těmto snímacím zařízením a pomocí tlačítka přepínání módu („mode“) je nastavit tak, aby jeden z nich byl nastaven na kanál „b“ a druhý na „c“. Písmena jsou zobrazena na přední straně snímacího zařízení.

3.2.3 Instalace Software a zařízení

Instalace softwaru je docela intuitivní, ale v závislosti na kvalitě internetového připojení, i zdlouhavá. Nejsnadnější cestou, jak VR nainstalovat a připravit k používání je stáhnout z internetové adresy <https://www.vive.com/us/setup/> instalační aplikaci, která provede uživatele celým procesem zprovoznění VR.

Nejprve se ze staženého souboru začne instalovat aplikace HTC VIVEPORT. (obr. 92). Ta, po přihlášení do služby VIVEPORT (nebo vytvoření nového účtu), a výběru zařízení (obr. 93), začne instalovat aplikaci služby Steam a následně aplikaci SteamVR.

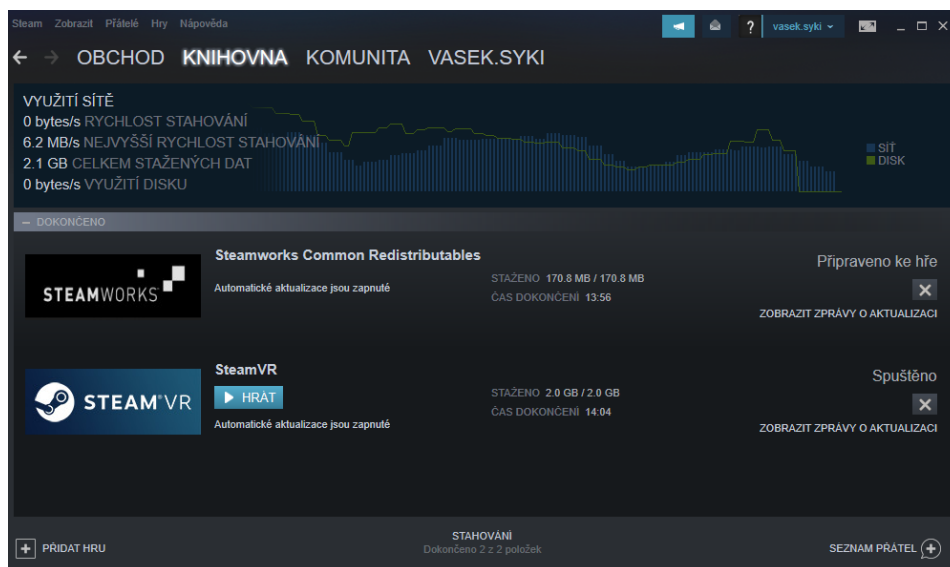


Obr. 92: VIVEPORT instalace, přihlášení

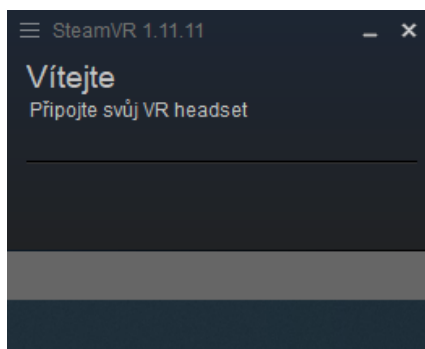


Obr. 93: VIVEPORT instalace, výběr zařízení

Zároveň je nutné se přihlásit rovněž do služby Steam (nebo vytvořit účet). Tato služba je rozhraním především pro hraní počítačových her. Zároveň také pro hraní her ve VR. Zde je ale využita jako prostředník mezi simulačním softwarem (Robotstudio) a hardwarem VR. Z aplikace Steam (obr. 94) se dá kliknutím na tlačítko „hrát“ dostat do správy VR, tedy SteamVR. (obr. 95) Z obrázku 95 je patrné že hardware ještě není připraven. Je třeba jej připojit a VR tak uvést do provozu. To je popsáno v následující kapitole



Obr. 94: aplikace Steam, výchozí prostředí



Obr. 95: aplikace SteamVR

3.2.4 Příprava Hardware a prostoru

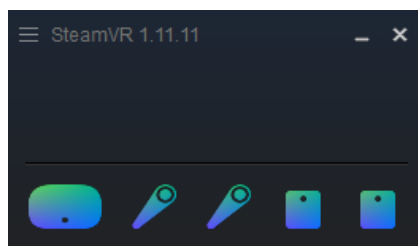
Pokud již nebylo zařízení připraveno podle návodu během instalace, je třeba jej zapojit podle doporučeného postupu. To je v této kapitole shrnuto.

Prvním krokem je připojení propojovacího boxu. Nejprve je třeba připojit HDMI kabel k „link boxu“ a poté do počítače. Je nutné, aby byl zapojen kabel do používaného výstupu, tedy do stejného výstupu z grafického akcelérátoru, na kterém běží monitor počítače. Následně se ve stejném pořadí zapojí USB kabel, tedy nejprve ke krabičce, poté do počítače. Jako poslední se zapojí napájecí kabel. Poté by se měly nainstalovat potřebné ovladače.

Následným krokem je propojení „link boxu“ s headsetem VR. Zde je pořadí libovolné. Po připojení veškeré kabeláže se opět začnou instalovat ovladače headsetu. V případě, že je zařízení nové, je potřeba odstranit všechny ochranné fólie.

Posledním krokem pro zprovoznění VR je nastavení hracího prostoru. To je provedeno buď již v průběhu instalace aplikací nebo právě nyní. Obrázkový tutoriál je velmi názorný a intuitivní. Proces se skládá z dílčích kroků. Prvním je stisknutím tlačítka spouště ovladače proti monitoru počítače. Následně je definována podlaha položením ovladačů rovnoběžně doprostřed „hrací“ plochy. Dále je jedním ovladačem společně se stisknutou spouští vymezena hrací plocha. Posledním krokem je přenesení obou ovladačů mezi snímací senzory (viditelnost). Tuto proceduru je možné provést kdykoliv později např. v případě potřeby rozšířit nebo upravit „hrací“ plochu.

Jednoduchým kontrolním nástrojem pro ověření připravenosti headsetu je řídicí panel aplikace SteamVR. Všechny ikony na něm by měly být vysvíceny modrozeleně (dle obr. 96). Takto je headset VR připraven pro použití.

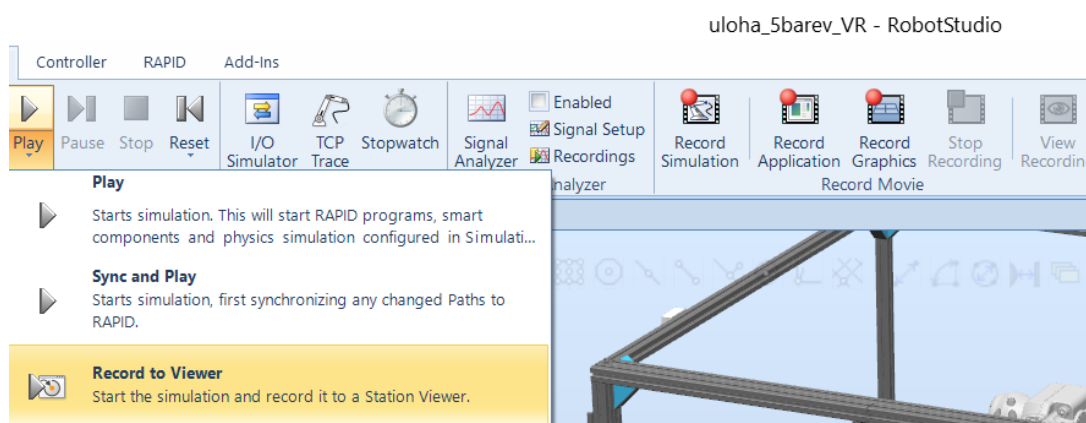


Obr. 96: aplikace SteamVR, status zařízení

3.3 VR ve Stationviewer

Na základě zkušenosti instalace zařízení VR na první pracovní stanici, byla zjištěna možnost běhu simulace, a také prezentace virtuální reality, prostřednictvím speciálního prostředí, tzv. Stationviewer. Jedná se o jakýsi jednoduchý emulátor, který je schopen přehrávat simulace vytvořené v RS.

Soubor se simulací je potřeba nejprve exportovat do požadovaného formátu souboru. To se provede v prostředí RS v oddíle „Simulation“. Simulace se spustí příkazem z nabídky „Play-Record to Viewer“ (podle obrázku 97). Samotná simulace se přehraje, a poté je uživatel vyzván k uložení souboru s takto nahranou simulací. Poté, co je simulace uložena na disku počítače, je možné ji spustit na jakékoli pracovní stanici, dokonce bez nainstalovaného RS.

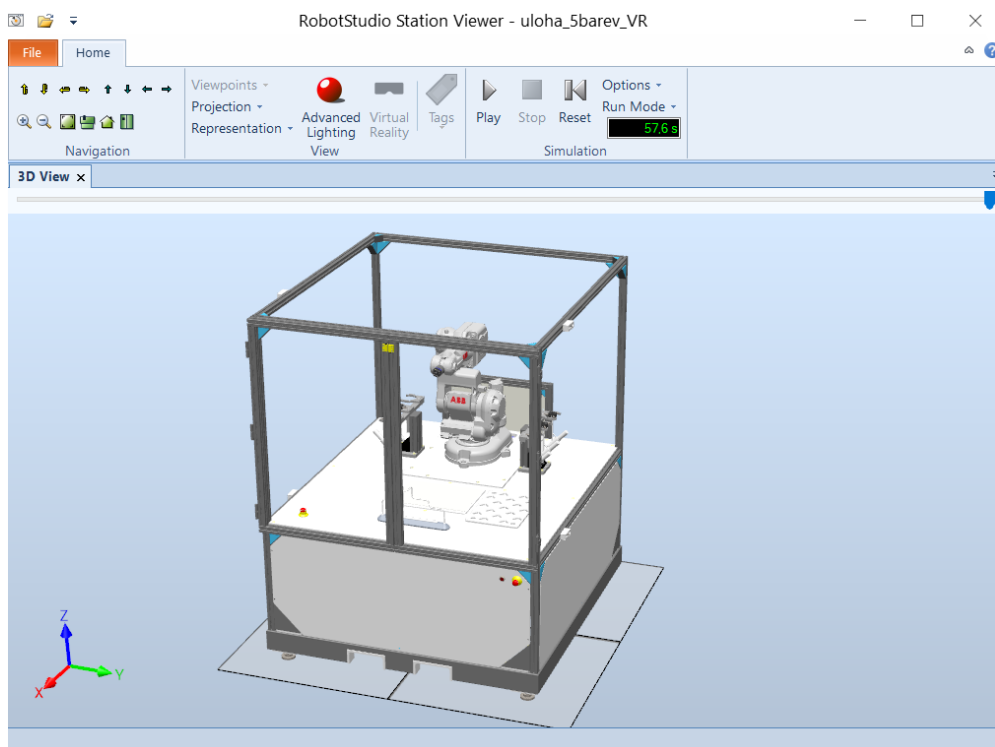


Obr. 97: export do StationViewer

Prostředí Stationviewer je na první pohled jednoduché, s pouze několika základními funkcemi umožňujícími přehrání a nastavení simulace. Oproti RS je ale již v pásu karet alespoň nevysvícená ikona pro spuštění virtuální reality. (obr. 98) Pokud je tedy VR připojena a připravena k použití, ikona se probarví a VR je možno používat. Stačí tedy kliknout na již zmíněnou ikonu, spustit simulaci, nasadit headset a oddávat se realistickým zážitkům zprostředkovaných VR.

Oproti simulačnímu prostředí v samotném RS je zde, i vzhledem k realizované simulaci, značný rozdíl, a to v tom, že v prostředí StationViewer se nezaznamenává

sledování trasy („TCP“). To má za následek, u realizované prezentace, nezobrazování stopy popisovače. Dalším, a dosti významným, rozdílem oproti VR v prostředí RS je absence možnosti využití ovládacích prvků. VR je tedy v prostředí Stationviewer jen zprostředkovatelem pro pouhé prohlížení simulací buďto na PC stanici nebo právě prostřednictvím headsetu VR. Pro některé slabší sestavy PC může být ale ucházející náhradou alespoň pro tento stupeň interaktivity.

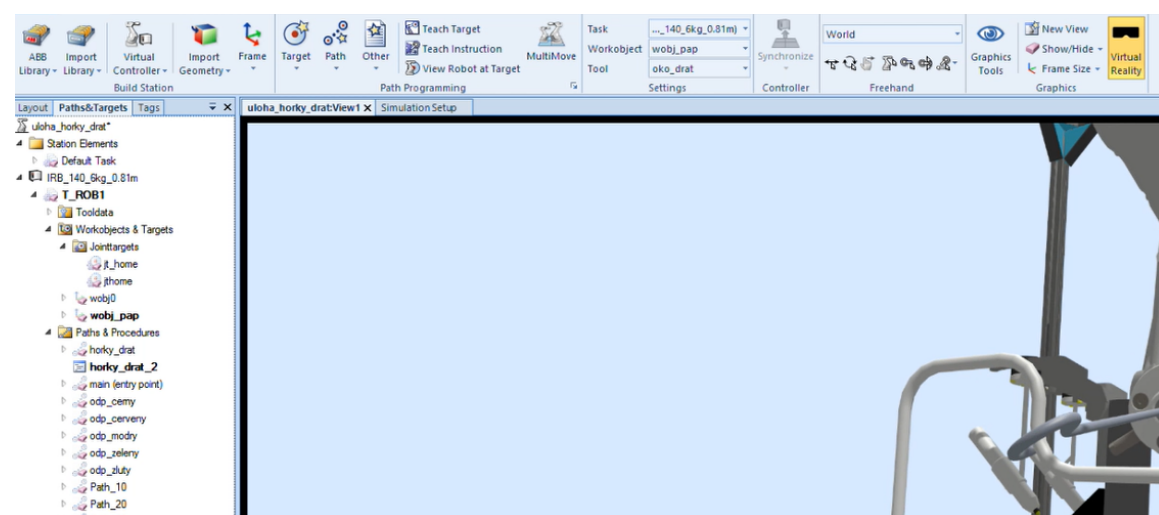


Obr. 98: export do StationViewer

3.4 VR v prostředí Robotstudio

Virtuální realita v samotném RS nabízí možností o poznání více. Především je to možnost ovládání prostředí VR pomocí ovladačů. Dále pak, již výše zmíněné, zobrazení stopy pohybu (TCP trace). Jednou z velmi zajímavých možností je pak tvorba cesty pomocí (programování robotu) v prostředí VR.

Po instalaci zařízení pro VR a spuštění aplikace SteamVR, se, na rozdíl od Stationviewer, ikona pro zapnutí prostředí VR objeví v pásu karet. Možná to je ten důvod, proč tato informace není nikde detailněji popsána. Nikoho zřejmě nenapadlo popisovat takto triviální návod (kliknout na ikonu). (obr. 99)



Obr. 99: spouštění VR v RS

3.4.1 Úloha pro virtuální uvedení do provozu

Pro prezentaci možné oblasti použití VR byla vytvořena úloha z kapitoly 2. Na této aplikaci lze předvést tzv. virtuální uvedení do provozu (virtual commissioning). Jedná se o virtualizace ještě neexistujícího pracoviště (v tomto případě rozšířeného) výukové buňky s robotem IRB 140.

V prostředí VR nástroje RS je k dispozici, uvažujeme-li tento typ úlohy, ovládací prvek vytvořený virtuálně na ovladači levé ruky. Jedná se o jakýsi otáčející se kvádr, který na svém povrchu nabízí tlačítka, jejichž prostřednictvím se prostředí také ovládá. V tomto případě se dá uvažovat o dvou stěnách ovládacího kváдру. (obr. 100, 101).

Ovládací panel „Simulation Control“ ovládá průběh simulace (obr. 100). Ta se dá pomocí tlačítka „play“ spustit, nebo pomocí „stop“ zastavit. V nabídce „Navigation“ lze konfigurovat prostředí VR. Pomocí tlačítek „Up“ a „Down“ se účastník VR dostane virtuálně buďto o něco výše nebo výše v daném prostředí. Toho je prakticky využito v příkladu z následující kapitoly. Tlačítka „Rot L“ a „Rot R“ otáčejí virtuálním prostředím o určitý úhel (odhadem asi 30°). Stisknutí „Home“ pak vrátí tato nastavení do výchozího. Tlačítko „Walk“ nebylo prověřováno, nicméně slouží k procházení většího prostoru pomocí ovladačů, pokud není „herní“ prostor v poměru 1:1 k virtuálnímu.



Obr. 100: ovládací panel, simulace



Obr. 101: ovládací panel, poznámky

Z panelu na obrázku 101 je možné u této úlohy využít oddíly „Annotate“ a „Misc“. Ve virtuální realitě se tak pomocí těchto příkazů dá vytvářet konkrétně to, co představuje jejich význam. Funkce „Text“ přidá do prostoru textové pole, „Arrow“ vytvoří virtuální šipku, a nástroj „Draw“ umožňuje libovolné kreslení v prostoru. „Grab“ je funkce pohnutí či zvednutí zvoleného prvku a „Measure“ pak nástrojem měření.

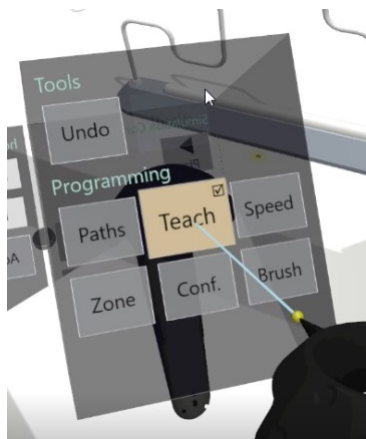
Simulace je digitální přílohou této práce a její prezentace prostřednictvím VR je možná prakticky na jakémkoliv pracovišti se zařízením VR. Vzhledem k již uvedeným náhledům na danou simulaci v kapitole 2 zde již obrázek neuvedu. Byl by velmi podobný těm z kapitoly 2 a dojem z virtuální reality by ani nemohl přiblížit.

3.4.2 Úloha s využitím programování ve VR

Tento typ úlohy byl vytvořen na základě prověřené možnosti vytváření trajektorie robotu pomocí zařízení VR, tedy v samotném virtuálním prostředí, a možnosti využití velmi dobře připravené úlohy „horký drát“ ve výukové buňce.

Při této realizaci byla vytvořena (pozměněna) geometrie buňky. Přípravek pro „horký drát“ byl přemístěn do střední pozice, a také byla vytvořena geometrie pro pracovní nástroj „oka“ pro potřeby simulace v RS. Takto připravené prostředí bylo spuštěno ve VR nástroje RS.

K samotné tvorbě cesty slouží navigační panel „Programming“ (obr. 102). Možnost „Paths“ nabízí přímé vytváření cesty. „Teach“ však umožňuje vytváření bodů trajektorie i s orientací nástroje. Zbývající tlačítka jsou analogií k parametrům pohybu v programu RAPID. Pro tuto aplikaci byl zvolen způsob tvoření trajektorie pomocí příkazu „Teach“. Po kliknutí na příkaz „Teach“ se zobrazí rozbalený panel na protilehlé straně ovládacího kvádru soužící k jednoduché tvorbě cílů vytvářené cesty (obr 103).



Obr. 102: ovládací panel, tvorba cesty



Obr. 103: ovládací panel, tvorba cesty

Tvorba cílů „targets“ je pak velice snadná a intuitivní. Pomocí pravého ovladače se pohybuje (vždy se stisknutou spouští) buďto s jednotlivými klouby robotu, nebo, a to je častější a efektivnější možnost, pracovním nástrojem. Na ovládacím panelu je možnost vybrat konkrétní cestu „path“, do které se bude vytvořený cíl přidávat, a také typ pohybu. Tlačítko „Add“ pak slouží pro přidání cíle do již vybrané cesty. Náhled na tvorbu cesty ukazuje obrázek 104.



Obr. 104: ukázka, tvorba cesty

3.5 Shrnutí přínosů a poznatků z VR

V prostředí virtuální reality RS byly realizovány dvě simulační úlohy, které téměř pokrývají, v práci klasifikované, všechny možné oblasti využití VR v robotice.

První z nich je ukázkou virtuálního uvedení do provozu. Na této realizaci lze odprezentovat velmi interaktivní formou konkrétní návrh modifikace stávajícího pracoviště. Zároveň lze díky řízení pohybu pozorovatele (kamery) velmi rychle kontrolovat kolize, zjišťovat případné problémy trajektorie nebo ověřovat správnost návrhu.

Druhou praktickou realizací je simulační úloha vytvořená přímo v prostředí virtuální reality. Jedná se o tvorbu trajektorie pomocí ovladačů VR v přímé interakci s robotem. Programátor má tedy okamžitou zpětnou vazbu v podobě vizuální kontroly nad pozicí robotu a pracovního nástroje. Tento typ úlohy samozřejmě nelze aplikovat na všechny realizace, hlavně s ohledem na požadovanou přesnost. Ta zde, vzhledem k ručnímu hledání bodů v prostoru, nebyla velká. Ke konkrétnímu typu úlohy ale bezpečně vyhovovala.

Po realizaci první z uvedených úloh bylo nejdůležitějším pozitivním zjištěním „opravdovosti“ virtuální reality. Po přečtení několika, až přehnaně, pozitivních názorů na virtuální realitu v dohledaných článcích jsem zastal názor, že skutečnost bude spíše horší. Nicméně opak byl pravdou. Ta samá slova teď musím potvrdit. Zážitek z virtuálního prostředí je opravdu věrohodný. Interaktivita je na vysokém stupni, a právě ta u pozorovatele vytváří dojem téměř opravdového prostředí. Především díky tomuto faktoru se jeví VR jako velice silný nástroj marketingu.

Velkým přínosem a zjištěním byla pak realizace druhé úlohy. Vytvoření trajektorie pomocí nástrojů VR je díky okamžité zpětné vazbě velmi poutavé, chytlavé až zábavné. Navíc po zjištění, že čas potřebný k vytvoření simulace této úlohy byl u klasického způsobu vytváření více než půl hodiny, tímto způsobem byla simulace vytvořena za ne déle než deset minut. Toto může přinést v určitých případech obrovskou úsporu času.

4 Závěr

Cílem diplomové práce bylo, především na základě dohledaných informací, stanovit či vymezit, a následně prezentovat na konkrétních příkladech, možnosti využití virtuální reality ve strojírenství, konkrétně v oblasti robotiky a automatizace.

Úvodní část práce se věnuje podrobnější analýze, která je využita při tvoření praktických příkladů v dalších částech práce. Nejprve je vytvořen přehled možností vytváření virtuální reality, a jako zajímavost je uvedena i realita rozšířená. Na základě tohoto přehledu je identifikován způsob aktuálně nejvěrohodnějšího vytváření virtuální reality. Následně jsou pro tento způsob dohledány prostředky pro tvorbu VR, a jsou srovnány jejich parametry. Dále jsou dohledány možné robotické aplikace s využitím virtuální reality. Především je pozornost soustředěna na softwarové nástroje dostupné na katedře robotiky, tedy Robotstudio a Process Simulate. Na konci kapitoly (1.6) je provedena klasifikace oblastí použití, které lze prostřednictvím virtuální reality realizovat. Zároveň jsou navrženy úlohy a zvoleny prostředky, kterými se vybrané oblasti použití budou prezentovat.

Ve druhé kapitole je uveden detailní postup přípravy simulace pro takzvané virtuální uvedení do provozu (virtual commissioning), v prostředí RS, které bylo klasifikováno jako jedna z oblastí použití virtuální reality. Jedná se o dvě simulační úlohy. První je tvořena pro klasické uvedení do provozu (digitální dvojče). Druhá úloha určená právě pro virtuální zprovoznění pracoviště, je rozšířením původní úlohy, realizovatelné na existující výukové buňce.

V poslední kapitole je podrobně popsán způsob realizace VR, od zprovoznění headsetu, instalaci software až po překlopení simulačních úloh do prostředí VR. Na základě možností, které nabízí software RS, je zde realizována také úloha demonstrující další, již dříve v práci klasifikovanou, možnou oblast použití, a to tvorbu trajektorie robotu, resp. programování robotu, přímo prostřednictvím zařízení VR.

Stanovené cíle se v práci podařilo splnit. Kromě, výše v práci, klasifikované možné oblasti použití ovládání robotu prostřednictvím VR, se všechny zbývající oblasti podařilo prostřednictvím dvou realizovaných prezentací (simulací) demonstrovat. Tato

(nerealizovaná) oblast využití VR je podle dostupných informací značně komplikovaná, a podobná aplikace by vystačila na téma samostatné diplomové práce. Zdokumentované postupy a zjištění však mohou sloužit jako zdroj informací pro další pokračovatele, zabývající se touto tematikou.

Diplomová práce prezentuje znalosti nabyté v rámci řešení projektu: „Digitální dvojčata robotických systémů a jejich verifikace II“, reg. č.: „SP2020/141“ financovaných ze státního rozpočtu České republiky, na kterém jsem se v průběhu magisterského studia podílel.

Seznam zdrojů

- [1] *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 2007. 48 s.
- [2] *Informace a dokumentace – Pravidla pro biografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: Český normalizační institut, 2010.
- [3] VOCETKA, M. *Výukové pracoviště s průmyslovým robotem ABB IRB140*. Diplomová práce (Ing.). VŠB – TU Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotiky. 2018, 94 s.
- [4] KREJČÍ, T. *Vytvoření robotizovaného pracoviště v simulačním prostředí RobotExpert*. Diplomová práce (Ing.). VŠB – TU Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotiky. 2019, 122 s.
- [5] FORTES: *Jaký je rozdíl mezi rozšířenou a virtuální realitou?* [online]. [cit. 03.05.2020]. Dostupné z: <https://www.fortes.cz/jaky-je-rozdil-mezi-rozsirenou-a-virtualni-realitou/>
- [6] CONTROL ENGINEERING ČESKO: *Sedm přínosů využití rozšířené a virtuální reality*. [online]. [cit. 03.05.2020]. Dostupné z: <https://www.vseoprumsly.cz/digitalizace/virtualni-rozsirena-realita/sedm-prinosu-vyuziti-rozsirene-a-virtualni-reality.html>
- [7] ÚJEZD: *Virtuální realita jako fenomén doby*. [online]. [cit. 03.05.2020]. Dostupné z: <https://www.ujezd.net/virtualni-realita-jako-fenomen-doby>
- [8] NEVŘIVA, V. *Návrh Řídícího programu průmyslového robota IRB 120 pomocí softwaru Robotstudio*. [online]. Bakalářská práce (Bc.) VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automatizace a informatiky. 2019, 62 s. [cit. 03.05.2020]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=192888

-
- [9] HOLUBEK, R., SOBRINO, D., R., D., KOŠTÁL, P., RUŽANOVSKÝ, R., VELÍŠEK, K. *Using Virtual Reality tools to support simulations of manufacturing instances in Process Simulate: The case of an iCIM 3000 system*. [online]. MATEC Web of Conferences **137**, 04004 2017, [cit. 03.05.2020]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/321221366_Using_Virtual_Reality_tools_to_support_simulations_of_manufacturing_instances_in_Process_Simulate_The_case_of_an_iCIM_3000_system
- [10] ŠANTRŮČEK, P. *HTC Vive: jak na virtuální realitu a proč*. [online]. [cit. 03.05.2020]. Dostupné z: <https://www.gpureport.cz/recenze/84-htc-vive-review/htc-vive.aspx?article=84&page=1>
- [11] VIVE: *What are the system requirements?* [online]. [cit. 03.05.2020]. Dostupné z: https://www.vive.com/us/support/vive/category_howto/what-are-the-system-requirements.html
- [12] MOTION-SIMULATORS: *Robotic costers by bec*. [online]. [cit. 03.05.2020]. Dostupné z: <https://www.motion-simulators.com/bec-rides?fbclid=IwAR35JVxWb4YMIUGjDgwnFtwiJQAfelOfQnHCMTMbuRnbgwfn3jt9hV3U-M>
- [13] MOKŘÍŠ, J. *Virtuální realita v české CAVE na ČVUT: Návštěva jiných světů*. [online]. [cit. 03.05.2020]. Dostupné z: https://www.abicko.cz/clanek/precti-si-technika/24171/virtualni-realita-v-ceske-cave-na-cvut-navsteva-jinych-svetu.html?fbclid=IwAR1z_0hqo1qqPnYQ49UmlCWZBgToOYILukFdc0ctD7j2FBI BpEloYsyIKAk
- [14] ČERNÝ, L. *Virtuální realita v exteriérech a interiérech*. [online]. [cit. 03.05.2020]. Dostupné z: https://www.4f.cz/virtualni-realita-v-exterierech-a-interierech/?fbclid=IwAR18nQlldezrkbQTSnRgvFbylSuW_W2h_Nt_te3j-9Omy890ZA-sMxHFW3Q
- [15] ALZA: *Brýle pro virtuální realitu*. [online]. [cit. 03.05.2020]. Dostupné z: https://www.alza.cz/gaming/bryle-pro-virtualni-realitu/18859989.htm?kampan=adw4_prislusenstvi-pro-mt_dsa_all_prislusenstvi_obecna_c_9062812__&gclid=CjwKCAjw5Ij2BRBdEiwA0Frc9eto8Pkre8H3XaLELbrF0oI8kjJbp5cK8YSQ6XCDzQnlQOxaPljTGhoCv8QQA vD_BwE&fbclid=IwAR0fusH0_JkqNl-VDsX6wbTV_eXNAuuAHgPZk2R0ItldlX2My7tf2mcBlrU
-

-
- [16] RAMOS, A. *MIT desenvolve um sistema de realidade virtual para robôs que permite controlá-los remotamente*. [online]. [cit. 03.05.2020]. Dostupné z: https://engenhariae.com.br/tecnologia/mit-desenvolve-um-sistema-de-realidade-virtual-para-robos-que-permite-controla-los-remotamente?amp&fbclid=IwAR3k5n_VEgl1pfaga9-MqECJIWx7sBmdm2rteND25Sb0ZTMK8dyMOpGK3aQ
- [17] EN.WIKIPEDIA: *Anaglyph 3D*. [online]. [cit. 03.05.2020]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Anaglyph_3D?fbclid=IwAR0grM5FPzI3rrI8whWuMnKjWIBZhKGgFRg4hBhL0tZziOncxPylOy5jhoQ
- [18] CM.PROJECTING: *Computer simulation*. [online]. [cit. 03.05.2020]. Dostupné z: https://www.cmprojecting.de/cmp-tools/?fbclid=IwAR3YmGbw8dCT_B7aEd15wf2BrsoOw66O5oNVUfuaiAh-1RZJGkGO7_SgX0c
- [19] IAAPA: *Asian Attractions Expo 2017 - From the Floor*. [online]. [cit. 03.05.2020]. Dostupné z: https://www.iaapa.org/news/funworld/asian-attractions-expo-2017-floor?fbclid=IwAR1NQ6-KbWOHOrmJ8oufAJdRwnvMMIQplj-9PPoJB11_uGsFZ8cGYtI6pNs
- [20] Edig: *Så använder vi VR i Smarta Fabriker*. [online]. [cit. 03.05.2020]. Dostupné z: https://www.edig.nu/artiklar/sa-har-anvander-vi-vr-i-smarta-fabriker?fbclid=IwAR0fusH0_JkqNl-VDsX6wbTV_eXNAuuAHgPZk2R0ItldlX2My7tf2mcBlrU
- [21] EN.WIKIPEDIA: *Active shutter 3D*. [online]. [cit. 03.05.2020]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Active_shutter_3D_system
- [22] ABB: *Operating manual RobotStudio*. [online]. [cit. 03.05.2020]. Dostupné z: https://library.e.abb.com/public/244a8a5c10ef8875c1257b4b0052193c/3HAC032104-001_revD_en.pdf
- [23] ŠABLATURA, J., LIPINA, J. *ABB robot studio – návody*. Laboratorní cvičení v oboru II. VŠB – TU Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotiky. 2011, 89 s. Dostupné z: <http://projekty.fs.vsb.cz/147/ucebniopory/978-80-248-2734-6.pdf>